

*Aus der Fakultät für Medizin  
Der Universität Regensburg  
Dr. med. habil. Bertram Reingruber  
Kinderchirurgie*

**Die Anorektomanometrie bei Kindern:  
Normwerte für das halbleitergestützte Messverfahren, validierte Parameter,  
Einsatzbereiche und Entwicklungen.**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Anne Christina Thieme

2018



*Aus der Fakultät für Medizin  
Der Universität Regensburg  
Dr. med. habil. Bertram Reingruber  
Kinderchirurgie*

**Die Anorektomanometrie bei Kindern:  
Normwerte für das halbleitergestützte Messverfahren, validierte Parameter,  
Einsatzbereiche und Entwicklungen.**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Anne Christina Thieme

2018

Dekan:  
1. Berichterstatter:  
2. Berichterstatter:  
Tag der mündlichen Prüfung

Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert  
Dr. med. habil. Bertram Reingruber  
Prof. Dr. Birgit Seelbach-Göbel  
12.06.2018 / 26.06.2018



# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	6
1. Einleitung .....	8
1.1 Physiologische Grundlagen .....	9
1.2 Definitionen .....	11
1.3 Entwicklung der anorektalen Manometrie .....	13
1.4 Sondensysteme .....	14
1.5 Indikationen für die anorektale Manometrie .....	16
1.6 Kontroverse Beurteilung der Manometrie und deren Einsatzbereiche .....	16
1.7 Fragestellung .....	18
2. Material, Probanden und Methode .....	20
2.1 Material .....	20
2.2 Gesunde Stichprobe der Normwerterhebung .....	22
2.3 Untersuchungsablauf .....	23
2.3.1 Vorbereitung .....	23
2.3.2 Ruhedruck .....	25
2.3.3 Kneifdruck .....	26
2.3.4 Dauerkontraktion .....	27
2.3.5 Pressdruck .....	28
2.3.6 Rektoanaler Inhibitionsreflex .....	30
2.3.7 Husten .....	32
2.3.8 Analprofil .....	33
2.4 Umfrage an kinderchirurgischen Kliniken .....	37
2.5 Statistische Auswertung .....	37
3. Ergebnisse .....	39
3.1 Gesunde Stichprobe der Normwerterhebung .....	39
3.1.1 Stichprobenbeschreibung .....	39
3.1.2 Ruhedruck .....	40
3.1.3 Kneifdruck .....	44
3.1.4 Dauerkontraktion .....	48
3.1.5 Pressdruck .....	51
3.1.6 Rektoanaler Inhibitionsreflex .....	54
3.1.7 Hustentest .....	57

---

3.1.8 Analprofil .....	57
3.1.9 Zusammenfassung der Ergebnisse der Normwertstudie .....	60
3.2 Patienten .....	63
3.2.1 Gegenüberstellung der Patientengruppen.....	65
3.2.2 Funktionelle Obstipation .....	67
3.2.3 Inkontinenz .....	70
3.2.4 Überlaufenkopresis.....	73
3.2.5 Morbus Hirschsprung .....	76
3.2.6 Anorektale Malformationen .....	79
3.3 Umfrage zum Einsatz der anorektalen Manometrie an kinderchirurgischen Kliniken .....	84
4. Diskussion.....	86
4.1 Normwerterhebung .....	86
4.1.1 Einfluss des Alters.....	86
4.1.2 Einfluss des Geschlechts .....	87
4.1.3 Reproduzierbarkeit der Messungen.....	88
4.2 Metaanalyse der publizierten Normwertstudien .....	92
4.2.1 Untersuchungsablauf.....	94
4.2.2 Auswahl der Messparameter .....	98
4.2.3 Begleitfaktoren mit spezifischer Relevanz für die Untersuchung bei Kindern.....	120
4.2.4 Untersuchungsprotokoll für Kinder.....	121
4.3 Vergleich der erhobenen Normwerte mit veröffentlichten Werten .....	124
4.3.1 Vergleichbarkeit verfügbarer Normwerte bei Kindern .....	124
4.3.2 Vergleichbarkeit der Werte von Kindern und Erwachsenen.....	128
4.3.3 Vergleichbarkeit der Werte von wasserperfundierten und Halbleitersystemen.....	131
4.4 Vergleich der Messwerte kinderproktologischer Patienten mit den Normwerten.....	133
4.4.1 Funktionelle Obstipation und Überlaufenkopresis.....	133
4.4.2 Inkontinenz .....	137
4.4.3 Morbus Hirschsprung .....	140
4.4.4 Anorektale Malformationen .....	144
4.4.5 Vergleich der Manometriedaten von Erkrankten mit den Normwerten.....	148
4.5 Stand der aktuellen Leitlinien und Umsetzung an kinderchirurgischen Kliniken .....	150
4.5.1 Die anorektale Manometrie in deutschen Leitlinien .....	150
4.5.2 Stellenwert der anorektalen Manometrie an kinderchirurgischen Kliniken.....	152
5. Zusammenfassung.....	154

---

6. Literaturverzeichnis .....	160
7. Abbildungsverzeichnis.....	169
8. Tabellenverzeichnis .....	171
9. Anhang .....	174
9.1 Umfrage zur Nutzung der anorektalen Manometrie an kinderchirurgischen Kliniken .....	
in Deutschland .....	174
9.1.1 Email zur Befragung der Ärzte .....	174
9.1.2 Tabellarische Auswertung der Antworten.....	175
9.2 Rom III Kriterien .....	177
9.3 Wingspread-Klassifikation .....	177
9.4 Krickenbeck-Klassifikation .....	178
9.5 Aufklärung und Einwilligungserklärung .....	179
9.6 Rohdaten .....	185
9.6.1 Normwerte.....	185
9.6.2 funktionelle Obstipation .....	194
9.6.3 Überlaufenkopresis.....	200
9.6.4 Inkontinenz .....	206
9.6.5 Morbus Hirschsprung .....	214
9.6.6 Anorektale Malformationen .....	217
10. Erklärung zum Promotionsverfahren .....	222
11. Danksagung.....	158



## Abkürzungsverzeichnis

ACL	Analkanallänge
ARM	anorektale Malformation
cm	Zentimeter
cmH <sub>2</sub> O	Zentimeter Wassersäule
DI	Defäkations-Index
FG	Frühgeborene
fkt.	funktionelle
Gr.	Gruppe
HRM	High Resolution Manometry
ICC	Intra-Class-Correlation (Intraklassen-Korrelationskoeffizient)
IQA	Interquartilenabstand
J.	Jahr
k.A.	keine Angabe
KI	Konfidenzintervall
<i>M</i>	Mittelwert
M.	Musculus
M. Hirschsprung	Morbus Hirschsprung
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
<i>n</i>	Anzahl
NG	Neugeborene
OP	Operation
<i>p</i>	Signifikanzwert
PSARP	posteriore sagittale Anorektoplastik
RAIR	Rektoanaler Inhibitionsreflex
ROC	Receiver Operating Characteristic
s	Sekunde
<i>SD</i>	Standardabweichung
SEM	standard error of the mean
VSI	Vektorsymmetrie-Index
VV	Vektorvolumen
z.A.	zum Ausschluss

## Untersuchungsparameter

Abkürzung	Einheit	
mRD	mmHg	mittlerer Ruhedruck
mtl.max.KD	mmHg	mittlerer maximaler Kneifdruck
mtl.rel.KD	mmHg	mittlerer relativer Kneifdruck
mtl.min.PD	mmHg	mittlerer minimaler Druck während des Pressens
Relaxation – Pressen	%	Relaxation während des Pressens
Paradoxe Kontraktionen		Vorhandensein paradoxer Kontraktionen durch Untersucher bestätigt
RAIR – vorhanden		Vorhandensein des Inhibitionsreflexes durch Untersucher bestätigt
Relaxation – RAIR	%	Relaxation während des Inhibitionsreflexes
RAIR > 60 %		Erreichen des 60% Cut-off Wertes
RAIR > 46 %		Erreichen des 46% Cut-off Wertes
rel.DKD	mmHg	relativer Kneifdruck während des Dauerkneifens
max.DKD	mmHg	maximaler Kneifdruck während des Dauerkneifens
mtl.DKD	mmHg	mittlerer Kneifdruck während des Dauerkneifens
Ermüdungsneigung	mmHg/s	
FUK	mmHg·s	Fläche unter der Kurve (Dauerkneifen)
Asymmetrie	%	Gesamtasymmetrie
max.AD	mmHg	maximaler Analdruck (Ruhedurchzug)
mtl.AD	mmHg	mittlerer Analdruck (Ruhedurchzug)
ACL	mm	Länge des Analkanals
HDZ	mm	Länge der Hochdruckzone
Anteil HDZ	%	prozentualer Anteil der Hochdruckzone am gesamten Analkanal

## 1. Einleitung

Die anorektale Manometrie ist ein etabliertes, nichtinvasives, diagnostisches Verfahren zur Messung des Drucks im Rektum und Analkanal. Sie dient der Funktionsprüfung und Beurteilung des inneren und äußeren Schließmuskels. Einsatzgebiete umfassen die Diagnostik der Inkontinenz und der Obstipation, den Ausschluss von Darmmotilitätsstörungen wie des M. Hirschsprung, die Kontrolle des Therapieverlaufs bei Biofeedbacktraining und die Beurteilung des Schließmuskels nach Eingriffen am Sphinkterorgan, speziell auch in der Nachsorge anorektaler Malformationen.

Valide Normwerte bilden in der Medizin die Grundlage zur Interpretation von Messergebnissen. Erst diese ermöglichen eine intra- und interindividuelle Vergleichbarkeit und erlauben eine zuverlässige Diagnosestellung, Therapieplanung und Verlaufskontrolle. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, bei der Beurteilung individueller Messungen auf Referenzwerte zurückgreifen zu können. In der Kindermedizin sollten die Referenzwerte altersadaptiert sein. Dennoch existieren bislang wenige Studien, die Normwerte an einer gesunden Stichprobe beschreiben. Für wasserperfundierte Systeme liegen sowohl für Erwachsene [1–3] als auch für Kinder [4–6] Normwerte vor, für halbleitergestützte Geräte sind Normwerte nur für Erwachsene vorhanden [7–11].

Darüber hinaus gibt es keine einheitlichen Empfehlungen und Leitlinien für den Ablauf der manometrischen Untersuchungen. Die Vorgaben für Erwachsene [12,13] sind nicht ohne weiteres auf Kinder übertragbar, da die physiologischen Voraussetzungen und Größenverhältnisse wie auch Untersuchungsbedingungen und Indikationen von denen der Erwachsenen abweichen. Untersuchungsprotokolle für Kinder von Hong [14] und Di Lorenzo [15] haben bisher keine allgemeingültige Verwendung. Die Vergleichbarkeit der vorhandenen Daten wird durch unterschiedliche technische Voraussetzungen, Sonden, Messtechniken und Auswertungsschemata der einzelnen Parameter zusätzlich erschwert.

Von einem Untersuchungsverfahren wird erwartet, dass es eine gute Diskrimination Gesunder von Kranken ermöglicht und somit die erhobenen Werte als Basis für eine evidenzbasierte Therapieplanung oder Prognoseeinschätzung von Nutzen sind. Die momentane Datenlage erlaubt keine zuverlässige Aussage zu Validität und Reliabilität der Methodik.

In den Leitlinien zur anorektalen Manometrie wird die Erhebung institutionseigener Normwerte empfohlen, die an Methodik, Alter und Geschlecht des Patientenkollektivs angepasst sind [13].

## 1.1 Physiologische Grundlagen

Für die Erhaltung der Kontinenz und den Defäkationsablauf ist ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Strukturen erforderlich. Zum Kontinenzorgan zählen neben den quergestreiften und glatten Muskelanteilen des Sphinkterkomplexes die Rektumampulle, der Anus mit seiner sensiblen Schleimhaut, der arteriell gespeiste Schwellkörper (Corpus cavernosus recti) sowie das vegetative und somatische Nervensystem [16].

### *Muskuläre Komponenten*

Die den Analkanal zirkulär umgebenden Muskeln lassen sich in einen glatten M. Sphincter ani internus, den quergestreiften M. sphincter ani externus und die Levatormuskulatur einschließlich des M. puborectalis unterteilen [16].

Der glattmuskuläre innere Sphinkter umfasst ringförmig die oberen zwei Drittel des Analkanals und stellt eine Verdickung der inneren Ringmuskulatur des Darmtraktes dar [17,18]. Der M. sphincter ani internus erzeugt in Ruhe, durch eine elektrische Basisaktivität, 70 bis 85% des Ruhetonus und trägt damit zum Erhalt der Kontinenz bei [19]. Der M. sphincter ani externus liegt in der distalen Hälfte des Analkanals und umschließt Teile des M. sphincter ani internus. Er besteht morphologisch aus mehreren Komponenten und weist Verflechtungen mit dem M. puborectalis auf [18]. Er unterliegt der willentlichen Kontrolle. Der Levator ani Komplex, der den M. puborectalis mit einschließt, inseriert am Os pubis und umfasst als nach ventral offene Schlinge die obere Hälfte des Analkanals [16,18]. Er kann durch Kontraktion den anorektalen Winkel verkleinern und unterstützt dadurch die Aufrechterhaltung des Verschlussdrucks [16,18].

### *Innervation*

An der vegetativen Innervation von Rektum und Analkanal sind sympathische Nervenfasern des Plexus hypogastricus (L2-4) [17] und parasympathische Nervenfasern des Plexus pelvicus und hypogastricus inferior (S2-4) beteiligt. Sie sind über intramural gelegene Ganglienzellen des Auerbach- und Meissner Plexus für die lokale Peristaltik und den Tonus des inneren Sphinkters verantwortlich [17], werden jedoch von höheren Zentren moduliert [18]. Die motorische und somatosensible Innervation erfolgt über Äste des N. pudendus [18]. Viszerosensible Fasern geben über den Dehnungszustand des Rektums Rückmeldung [17].

### *Kontinenz und Defäkation*

Unter Ruhebedingungen hält vor allem der innere Sphinkter den Verschlussdruck des Darms aufrecht. Gleichzeitig hat er die Aufgabe durch reflektorische Relaxation den Vorgang der Stuhlentleerung zu initiieren [17]. In Stresssituationen, wie bei intraabdomineller Druckerhöhung durch Husten, ist eine zusätzliche Steigerung des Schließmuskeldrucks durch die willkürlich steuerbaren Anteile des Sphinkterkomplexes, den M. sphinkter ani externus und die Puborektalisschlinge möglich [7].

Dehnungsrezeptoren im Bereich des Rektums, des M. puborectalis und der Beckenbodenmuskulatur [20] vermitteln ein Völlegefühl [16] und führen bei Stuhlfüllung über einen Reflex zur Erschlaffung des inneren Sphinkters. Dadurch erhält der Darminhalt Kontakt zum sensiblen Anoderm, das über Rezeptoren die Wahrnehmung von Stuhldrang und die Diskrimination von festem, flüssigen und gasförmigen Darminhalt ermöglicht. [17]. Gleichzeitig kommt es zur reflektorischen Kontraktion des M. sphinkter ani externus und des M. puborectalis, die bis zum Zeitpunkt der erwünschten Stuhlentleerung den Verschlussdruck aufrechterhalten [18–20]. Die Darmentleerung kann anschließend, von übergeordneten Zentren vermittelt, durch Entspannung des muskulären Verschlussapparates erfolgen [18].

### *Physiologische Kontinenzentwicklung*

Im Alter von 18 bis 48 Monate ist durch beginnende Eigenwahrnehmung das Erlernen der willentlichen Stuhlentleerung möglich. Im dritten Lebensjahr erlangen ca. 50 % der Kinder, bis zum fünften Lebensjahr fast alle Kinder die Kontrolle über die Stuhlentleerung [21] und damit auch über den Schließmuskel. Bei bis zu 20 % der gesunden Kinder kommt es jedoch bis zu einem Alter von fünf Jahren zur zeitweisen Verweigerung des Toilettentrainings sowie gelegentlichem Stuhlverlust. Dies ist häufig mit habitueller Rückhaltesymptomatik, unvollständiger Entleerung oder schmerzhafter Defäkation verbunden. Ernsthafte Probleme entstehen dann, wenn sich ein Teufelskreis aus Toilettenerweigerung, Koprostase, schmerzhafter Defäkation und daraus resultierender Verstärkung der Rückhaltesymptomatik bildet und schließlich zur Entstehung paradoxer analer Spasmen oder Megakolon mit verminderter rektaler Empfindung führt [22].

*Morphologische Anomalien und neurophysiologische Störungen*

Intrauterine Fehlanlagen neuronaler oder muskulärer Anteile führen zu einer gestörten Kontinenzentwicklung unterschiedlicher Ausprägung. Hierzu zählen unter anderem Aganglionosen, anorektale Fehlbildungen und sakrale Fehlbildungen. Fehlende Wirbelkörper gehen mit einer Schädigung entsprechender sakraler Nerven einher. Ein Verlust dieser Nervenfasern (S2-S4) führt zu Inkontinenz, bei der anorektale Reflexe und Sensibilität vollständig fehlen [17]. Sind nur die Nervenfasern der Segmente S1 und S2 betroffen, ist nur die Wahrnehmung von Stuhlfüllung und die Diskrimination des Darminhaltes gestört [17].

## 1.2 Definitionen

*Funktionelle Obstipation*

Die Obstipation spielt mit einer Prävalenz von 5 - 10 % in westlichen Industrieländern eine wichtige Rolle in der Medizin [23]. Die chronische Obstipation ist als Stuhlretention infolge unvollständiger Stuhlentleerung definiert, bei der mindestens zwei der sechs Rom III Kriterien (siehe Anhang 9.2) erfüllt sind [24]. Die Ursachen umfassen primäre, chronisch-idiopathische und funktionelle Formen.

Als funktionelle Obstipation werden diejenigen Formen zusammengefasst, die nicht auf morphologische Ursachen zurückzuführen sind, sondern durch Motilitätsstörungen des Darmes (Kolontransitstörungen), mechanische Obstruktion oder funktionelle Störungen des Defäkationsablaufs, wie beispielsweise die Beckenbodendyssynergie, verursacht sind [23]. Bei Kindern sind differentialdiagnostisch in erster Linie der M. Hirschsprung, Rückhaltesymptomatik sowie psychosomatische Ursachen zu berücksichtigen.

*Überlaufenkopresis*

Enkopresis beschreibt den regelmäßigen Stuhlverlust ohne organische Ursache mit einer Frequenz von mindestens einmal pro Monat und einer Dauer über mindestens 3 Monaten nach der DSM-IV-Definition, beziehungsweise 6 Monaten nach ICD-10-Definition [25]. Als Überlaufenkopresis im engeren Sinne ist der Stuhlverlust in Verbindung mit einer chronischen Obstipation zu verstehen [26].

### *Inkontinenz*

Stuhlinkontinenz beschreibt die Unfähigkeit gasförmigen, flüssigen und festen Darminhalt zu unterscheiden und diesen unter willentlicher Kontrolle zurückzuhalten [27]. Eine fehlende Kontinenz oder ein erneutes Auftreten von Inkontinenz ist ab einem Alter von 4 Jahren als pathologisch zu werten. Es gibt zahlreiche Ursachen der Stuhlinkontinenz, zu denen neben neurologischen Ursachen, wie Diabetes mellitus, Multiple Sklerose, Meningomyelozele oder Rückenmarksverletzungen im Kindesalter vor allem anorektale Malformationen, Enkopresis mit Überlaufsymptomatik, verminderte rektale Wahrnehmung und eine isolierte oder kombinierte Schwäche der muskulären Komponenten zählen [28].

### *Morbus Hirschsprung*

Der M. Hirschsprung ist durch das Fehlen intramuraler Ganglienzellen des Plexus myentericus und des Plexus submucosus gekennzeichnet. Er ist Folge einer fehlenden Einwanderung der enteralen Nervenzellen während der Embryonalentwicklung. Dies führt zu einer funktionellen Stenose, durch das aperistaltische Darmsegment und einem nicht relaxationsfähigen inneren Sphinkter [29]. Die Ausprägung der Symptome variiert je nach Länge des betroffenen Darmsegmentes [30].

### *Anorektale Malformationen*

Anorektale Malformationen (ARM) sind eine Gruppe von Entwicklungsdefekten des Rektums und des Analkanals, bei denen der Darmausgang während der Embryonalentwicklung nicht, oder nicht korrekt angelegt wird. Sie kommen mit einer Inzidenz von 1:5000 Neugeborenen vor [31,32]. ARM gehen häufig mit einer urogenitalen oder kutanen Fistelbildung einher und sind in 64 % der Fälle mit Begleitfehlbildungen assoziiert [32,33]. Die Pathogenese ist bisher unklar, es wird jedoch ein Entwicklungsdefekt der dorsalen Komponente der Kloakenmembran und der angrenzenden dorsalen Kloake während der siebten bis achten postovulatorischen Schwangerschaftswoche vermutet [16].

Bei anorektalen Fehlbildungen ist der innere Sphinkter häufig nur rudimentär angelegt [16] und die einzelnen Komponenten des äußeren Sphinkters nicht differenzierbar und hypoplastisch. Muskelanteile können ektop nach ventral oder dorsal verlagert und nicht gleichmäßig zirkulär angeordnet sein. Die Asymmetrie der Muskulatur reicht bis zu einer unilateralen Konfiguration im Sinne eines Hemisphinkters. Höhergradige Fehlbildungen sind mit einer schlechteren Ausbildung der muskulären Anteile des Sphinkterkomplexes assoziiert

[16]. Diese Aspekte beeinflussen das operative Vorgehen bei der Positionierung des Neoanus und der stets damit verbundenen Sphinkterplastik [16].

Die Einteilung erfolgte früher nach der Wingspread-Klassifikation von 1984 anhand der Höhe der Fehlbildung in hohe, intermediäre und tiefe Formen (siehe Anhang Kapitel 9.3). Hohe Fehlbildungen enden oberhalb des Sphinkterkomplexes und sind häufig mit Fisteln zu Vagina, Blase oder Urethra assoziiert. Dies macht die passagere Anlage eines Stomas mit anschließender Durchzugsoperation notwendig. Bei tiefen Fehlbildungen hingegen kommen Fisteln zu Skrotum, Perineum und Vestibulum vor, und eine kontinenzerhaltende Operation ist wahrscheinlicher [34]. Seit 2005 findet die Krickenbeck-Klassifikation Anwendung, die sich am Verlauf der Fistel orientiert [32,33](siehe Anhang Kapitel 9.4).

### 1.3 Entwicklung der anorektalen Manometrie

Erste Druckmessungen des Analkanals und Rektums gehen auf das Jahr 1877 durch Gowers zurück. Er verwendete ein großlumiges Einzelballonsondensystem mit dem Nachteil einer relativ starken Schleimhautirritation. Ein Wandel der Systeme über Miniaturballonsysteme durch Garry hin zu perfundierten Systemen verbesserte die Anwendbarkeit und ermöglichte zusätzlich die Aufzeichnung von Reflexantworten [23]. Weiterführende Forschungen, die durch Bayliss und Starling 1899, Templeton, Lawson 1932 und Cannon 1939 geprägt wurden [35] ermöglichten ein zunehmend besseres Verständnis der physiologischen Grundlagen.

Anfangs konzentrierte sich die Forschung insbesondere auf Patienten mit M. Hirschsprung. Denny-Brown und Robertson untersuchten 1935 die neuronale Kontrolle der Defäkation und die Rolle des rektoanal Inhibitionsreflexes für die Stuhlentleerung [36]. Es folgten Publikationen, die die Entwicklung des Reflexes bei Frühgeborenen und den Zusammenhang einer veränderten Reflexantwort mit dem Krankheitsbild des M. Hirschsprung analysierten. Lawson et al. bestätigten die fehlende Reflexantwort des inneren Sphinkters bei M. Hirschsprung, während die des externen Sphinkters erhalten bleibt [37,38]. Die Manometrie konnte sich als wertvolles diagnostisches Verfahren in der Hirschsprungdiagnostik etablieren. Bereits bei Säuglingen wurde der Einsatz der Manometrie als sicheres diagnostisches Verfahren von Howard et al. beschrieben, da der Nachweis des Inhibitionsreflexes bereits ab einem Alter von vier Tagen ohne falsch positive und falsch negative Ergebnisse erfolgte. Die bei Frühgeborenen noch aufgetretenen, abnormalen Reflexmuster normalisierten sich in den Folgeuntersuchungen nach einigen Tagen [37].



Schuster et al. trugen mit ihren Untersuchungen weiter zum Verständnis der physiologischen Sphinkterantwort, der involvierten neurologischen Bahnen und deren Einfluss auf unterschiedliche Krankheitsbilder auf die Manometrieergebnisse bei. Einige der damals postulierten Ergebnisse wurden allerdings revidiert: Er ging damals aufgrund der Ergebnisse von fünf Kindern mit M. Hirschsprung, die alle eine normale Reflexantwort zeigten, fälschlicherweise davon aus, dass Ganglienzellen des Plexus myentericus nicht für die Leitung der Reflexantwort relevant seien. Zudem schloss er anhand von Untersuchungen an Patienten mit Rückenmarksverletzungen darauf, dass keine neurologischen Zentren oberhalb der Rückenmarksebene an der Vermittlung des Reflexes beteiligt seien [39].

Eine Korrelation der elektrischen Aktivität der Sphinktermuskulatur mit manometrischen Aufzeichnungen konnte Holschneider 1974 belegen [40]. 1976 folgte eine groß angelegte Studie an 438 Kindern mit anorektalen Erkrankungen wie Meningomyelozele, M. Hirschsprung, Analatresie, chronischer Obstipation sowie gesunden Kindern, Früh- und Neugeborenen, in der die Effektivität und Zuverlässigkeit der Methode überprüft wurde [35]. Damals galt sie mit einer Sicherheit von 87 % als „sicherste Methode zur Diagnose funktioneller Störungen der anorektalen Kontinenz“ [35].

Molnar et al. befassten sich mit der diagnostischen Aussagekraft der Manometrie und veröffentlichten dazu 1983 die Untersuchungsergebnisse von 47 Kindern mit Stuhlentleerungsstörungen, in denen sich ein Zusammenhang von erhöhtem Ruhedruck mit Stuhlretention und Stuhlschmierern zeigte [41]. In den achtziger Jahren erschienen zahlreiche weitere Veröffentlichungen zum Einsatz der Manometrie in verschiedenen Bereichen.

## 1.4 Sondensysteme

Erste Messungen mit großlumigen Einzelballonsystemen wurden aufgrund der Schleimhautirritation und der fehlenden Möglichkeit Relaxationen nachzuweisen [23] über die Jahre weiterentwickelt, verfeinert und die Anzahl der Messkanäle durch technische Verbesserung erhöht, sodass heute Katheter mit bis zu 265 Messpunkten mit deutlich verbesserter Präzision eingesetzt werden können. Die heute verwendeten Sondensysteme lassen sich grob in zwei Typen einteilen. Dies sind zum einen Perfusionssysteme, zu denen wasser- und gasperfundierte Systeme zählen und zum anderen Halbleitersysteme.

Die weitläufigste Anwendung finden wasserperfundierte Systeme, bei denen die Sonde aus mehreren Kapillaren besteht, die jeweils in einer Perfusionsöffnung seitlich an der

Sondenspitze münden. Die Kapillaren werden kontinuierlich mit Wasser durchspült und sind mit einem externen Druckwandler verbunden. Durch diesen simplen Aufbau sind sie robuster und günstiger als andere Systeme. Nachteile im Vergleich zu Halbleitersystemen sind der hohe Zeitaufwand für die Systemvorbereitung, die schwierigere Positionierung der Sonde im Analkanal, eine geringere Dynamik und eine größere Fremdkörperwirkung bedingt durch den ständigen Wasserstrom und den größeren Durchmesser des Katheters.

Bei den Halbleitersystemen, auch Mikrotransducer genannt, wird der Druck direkt von druckaufnehmenden Elementen entlang der Sonde gemessen, wodurch ein geringerer Durchmesser, eine bessere Dynamik und eine leichtere Handhabbarkeit erreicht wird. Durch kleinere Abstände zwischen den druckaufnehmenden Elementen kann eine höhere Anzahl an Sensoren verwendet werden [14]. Diese Systeme sind empfindlicher gegenüber mechanischen Einflüssen und die Anschaffungskosten höher. In Tabelle 1 sind Vor- und Nachteile der wasserperfundierten Systeme und Halbleitersysteme gegenübergestellt.

Tabelle 1. Vergleich der Messsysteme

<i>Wasserperfundierte Systeme</i>	<i>Halbleitersysteme</i>
Vorteile: - robustes System - geringe Kosten der Messkatheter	Vorteile: - sehr gute Dynamik - leichte Handhabbarkeit - geringer Durchmesser - Wiederverwertbarkeit der Messsonde
Nachteile: - Zeitaufwand für Systemvorbereitung - Geringere Dynamik - Größere Fremdkörperwirkung	Nachteile: - hohe Kosten der Messsonde - hohe Empfindlichkeit gegenüber mechanischen Einflüssen

Der Aufbau der Sonden ist vom Hersteller abhängig und kann je nach Kundenwunsch individuell gestaltet werden. In den „Empfehlungen zur anorektalen Manometrie im Erwachsenenalter“ von Pehl et al. und in den Mindestanforderungen zur anorektalen Manometrie von Rao et al. werden Katheter mit mindestens vier Perfusionsöffnungen oder Sensoren empfohlen, die zirkulär auf gleicher Höhe, oder spiralförmig versetzt entlang der Katheterachse im Abstand von 0,5 - 1 cm angeordnet sind [12,13]. Eine spiralförmige Anordnung der druckaufnehmenden Elemente ist aufgrund der geringeren Analkanallänge bei Kindern nicht sinnvoll. Die Frage, ob die verschiedenen Systeme, die auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien basieren, zu identischen Messergebnissen führen und daher problemlos übertragbar sind, ist nicht endgültig geklärt.

## 1.5 Indikationen für die anorektale Manometrie

Die anorektale Manometrie ist laut Fuchs „die einzige objektivierbare und reproduzierbare Messmethode zur Beurteilung von Kontinenzstörungen“ [23]. Sie ermöglicht durch die Aufzeichnung der Druckverhältnisse im Analkanal, physiologische Vorgänge besser zu verstehen, und ihre Rolle für Stuhlentleerungsstörungen zu untersuchen [23].

Die Hauptindikationen zur Durchführung einer Manometrie im untersuchten kinderproktologischen Patientenkollektiv stellen Obstipation und Inkontinenz dar. Die Diagnose wird meist bereits anamnestisch gestellt, allerdings kann die Manometrie als gezielte Zusatzuntersuchung Hinweise auf die Ätiologie der Stuhlentleerungsstörung geben, indem sie einen hyper- oder hypotonen Sphinktertonus und Koordinationsstörungen des Schließmuskelapparates sowie Perzeptionsstörungen nachweist. Einen besonderen Schwerpunkt der anorektalen Manometrie im Kindesalter bildet die Ausschlussdiagnostik des M. Hirschsprung durch den Nachweis einer fehlenden Internusrelaxation [30,42–44]. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Therapieplanung und Verlaufskontrolle im Rahmen intrasphinkitärer Botoxinjektionen [45,46], von Biofeedbacktraining [23] oder in der Nachsorge bei Patienten mit M. Hirschsprung oder anorektalen Fehlbildungen.

## 1.6 Kontroverse Beurteilung der Manometrie und deren Einsatzbereiche

In der Literatur ist der Stellenwert der anorektalen Manometrie im klinischen Alltag für Diagnostik, Therapieentscheidung und Verlaufskontrolle umstritten [42], obwohl sie in mehreren Leitlinien als diagnostisches Verfahren aufgeführt ist [25,30,47–49]. Selbst in groß angelegten Studien kommen die Autoren zu einem sehr uneinheitlichen Urteil über deren Wertigkeit. Während Raza eine sehr kritische Sicht vertritt ("The low sensitivity and specificity of manometric parameters does not support the routine use of anorectal manometry in patients with defecation disorders.") [50], beurteilte Rao die Manometrie einige Jahre vorher noch deutlich positiver: "Manometric tests of anorectal function provide not only an objective diagnosis but, also, a better understanding of the underlying pathophysiology. In addition, it provides new information that could influence the management and outcome of patients with disorders of defecation." [51]. Aufgrund dieser uneinheitlichen Bewertung führten wir im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine Umfrage zur Akzeptanz der Methode in kinderchirurgischen Kliniken in Deutschland durch (siehe Kapitel 3.3).

Einer der häufig aufgeführten Kritikpunkte ist das Fehlen von Normwerten und die mangelnde Standardisierung des Untersuchungsablaufes und des Auswertungsschemas [52]. Felt-Bersma et. al kommen nach Analyse von 80 gesunden Erwachsenen zu dem Schluss, dass es aufgrund der großen Variabilität der physiologischen Druckwerte und der Vielzahl an Einflussfaktoren keine echten Normwerte gebe [53]. Zudem ist nach wie vor unklar welche systematischen Faktoren auf Patientenseite einen relevanten Einfluss auf die Messergebnisse haben und daher beispielsweise eine Normwert-Stratifizierung hinsichtlich des Alters, möglicherweise auch des Geschlechts und weiterer Merkmale, erfolgen muss.

## 1.7 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die anorektale Manometrie für den Einsatz im Kindesalter zu validieren. Grundlage hierfür ist die Erhebung von Normwerten eines gesunden Kollektivs, der Vergleich der erhobenen Normwerte mit den Werten verschiedener Krankheitsbilder aus der kinderproktologischen Sprechstunde sowie eine Metaanalyse der publizierten Literatur.

Es werden die folgenden Fragestellungen bearbeitet:

### 1. Normwerte der anorektalen Manometrie

#### 1.1. Wie lauten die Normwerte bei der Messung mit Halbleitersystemen im Kindesalter

#### 1.2. Welche Faktoren haben einen relevanten Einfluss auf die Messergebnisse der anorektalen Manometrie?

- a) der Einfluss des Alters.
- b) der Einfluss des Geschlechts
- c) weitere Faktoren: Patient, Untersucher, Methode

#### 1.3. Welche Untersuchungsverfahren und Auswertungsmethoden liefern die beste Validität und Reliabilität? Die Beurteilung erfolgt anhand eigener Ergebnisse und einer Metaanalyse der publizierten Normwertstudien in Bezug auf

- a) den Untersuchungsablauf
- b) die Auswahl der Messparameter
- c) Begleitfaktoren mit spezieller Relevanz für die Untersuchung bei Kindern

Auf dieser Grundlage wird ein kinderproktologisches Untersuchungsprotokoll erstellt

#### 1.4. Literaturvergleich

- a) mit pädiatrischen Normwerten
- b) mit Normwerten Erwachsener
- c) Werte von wasserperfundierten Systemen und Halbleitern

2. Wie unterscheiden sich die Messergebnisse der gesunden Stichprobe von denen der Patienten mit

- a) Funktioneller Obstipation
- b) Überlaufenkopresis
- c) Inkontinenz
- d) M. Hirschsprung
- e) Anorektalen Malformationen?

Hierbei sollen diejenigen Parameter identifiziert werden, die eine gute Diskrimination zwischen gesunden und kranken Kindern erlauben und daher in der Diagnostik und Therapieplanung von klinischer Relevanz sind. Datengrundlage bildet die Studie von Frau Pongratz [54], erweitert durch die eigene Datenerhebung.

3. Welchen klinischen Stellenwert hat die anorektale Manometrie heute in deutschen Leitlinien und in der Praxis bei Kindern? Hierfür wurde eine Umfrage an kinderchirurgischen Kliniken ausgewertet.

## 2. Material, Probanden und Methode

### 2.1 Material

Die Untersuchungen wurden mit einem Messsystem der Firma MMS (Unternehmen MMS® BV, Enschede, Niederlande; Seriennummer 1173450) durchgeführt, das mit einer Messsoftware (MMS® Solar GI Manometrie, MMS® BV, Enschede, Niederlande) inklusive Patientendatenbank arbeitet. Verwendet wurde ein Katheter der Firma Unisensor® AG verwendet (Unisensor® AG, Attikon, Schweiz; Referenznummer K10959-00-1166-D, Seriennummer 19-36-14924), der Durchmesser betrug 10 French (= 0,33 cm), er enthielt neun Drucksensoren, von denen der erste 5 mm von der Spitze entfernt lag. Die anderen acht Sensoren waren radiär in einem Winkel von 45° um den Katheter mit einem Abstand von 55 mm von der Spitze verteilt (siehe Abbildung 1). Sie erlaubten eine simultane Messung der radiären Druckwerte über die gesamte Zirkumferenz des Analkanales.

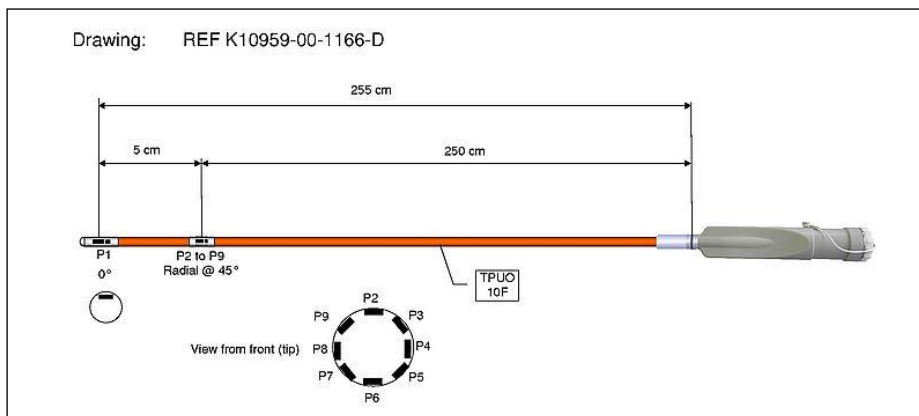


Abbildung 1. Schemazeichnung des Katheters K10959-00-1166-D

[Quelle: <http://www.unisensor.ch/typo3temp/pics/7cb521bc3b.jpg>]

Zum Messsystem gehörte weiterhin ein mechanischer Rückzugarm mit drei Gelenken, in den die Sonde eingespannt werden konnte um mit einer definierten Rückzugsgeschwindigkeit von 3 mm/s ein Analprofil zu erstellen. In Abbildung 2 ist der Aufbau des zur Manometrie vorbereiteten Messplatzes mit Patientenliege, PC und dem in den Rückzugsarm eingespanntem Katheter zu sehen.



Abbildung 2. Aufbau des Messplatzes



## 2.2 Gesunde Stichprobe der Normwerterhebung

Untersucht wurden proktologisch gesunde Kinder im Alter von elf Tagen bis 14 Jahren beiden Geschlechts, die aus unterschiedlichen Gründen stationär in der Abteilung für Kinderchirurgie der Klinik St. Hedwig in Regensburg aufgenommen waren. Die Teilnahme war freiwillig und die Untersuchung konnte auf Wunsch zu jeder Zeit abgebrochen werden.

Die Ausschlusskriterien umfassten Voroperationen im Bereich des Rektums, Operationen des Abdomens in den letzten zwei Monaten, bestehende Enkopresis oder Obstipationsproblematik, chronisch entzündliche Darmerkrankungen, stattgehabte Fissuren im Analbereich, akute Schmerzsymptomatik, eine laufende Schmerztherapie sowie die Einnahme von zentral wirksamen Medikamenten wie Antiepileptika oder Methylphenidate und motiliätsfördernde Medikamente.

Die Einteilung der Probanden in Altersgruppen erfolgte in Anlehnung an Pongratz [54](siehe Tabelle 2). Diese Einteilung erlaubt daher den direkten Vergleich der erhobenen Normwerte mit dem Patientenkollektiv aus der proktologischen Sprechstunde der Klinik.

Tabelle 2. Einteilung der Altersgruppen

Altersgruppe	Alter
Gr.1	0 - 6 Monate
Gr.2	7 Monate - 2 Jahre
Gr.3	3 Jahre - 5 Jahre
Gr.4	6 Jahre - 9 Jahre
Gr.5	> 10 Jahre

## 2.3 Untersuchungsablauf

### 2.3.1 Vorbereitung

Vor der Untersuchung erfolgte die Aufklärung der Probanden und der Eltern anhand eines Aufklärungsbogens (siehe Kapitel 9.5) über den Ablauf und die Risiken der Untersuchung sowie eine Anamnese zu Stuhlgewohnheiten und vorbestehenden Erkrankungen. Mit der Unterschrift stimmten die Sorgeberechtigten und die Kinder der Untersuchung zu. Des Weiteren wurde eine schriftliche Einverständniserklärung zur Studienteilnahme eingeholt und die Daten anonymisiert. Die Studie wurde durch die Ethikkommission an der Universitätsklinik Regensburg genehmigt und von der Studienkommission des Klinikums der Barmherzigen Brüder angenommen und bewilligt.

Während der gesamten Untersuchung war ein Elternteil anwesend. Die Untersuchung konnte abgebrochen werden, wenn das Kind Schmerzen oder Unwohlsein angab, ohne Angabe von Gründen nicht fortsetzen wollte oder bei schreienden Säuglingen kein Entspannungszustand erreicht werden konnte. Die Untersuchung selbst erfolgte analog zur üblichen klinischen Praxis. Hierbei wurden keine sedierenden oder abführenden Maßnahmen angewandt. Die Patienten lagen in Rückenlage mit angewinkelten Beinen auf der Untersuchungsfläche. Es wurde auf eine störungsfreie Umgebung geachtet und die Eltern darum gebeten, die Kinder gegebenenfalls zu beruhigen. Reden, Lachen oder Bewegung der Beine sollten vermieden werden, um eine Verfälschung der Ergebnisse durch intraabdominelle Druckerhöhung zu verhindern. Bei jedem Probanden wurde vor der Manometrie eine digital-rektale Untersuchung zum Ausschluss pathologischer Veränderungen im Bereich des Anorektums, wie beispielsweise Hämorrhoiden, Fissuren oder Marissen durchgeführt und der Füllungszustand der Rektumampulle beurteilt. War die digitale-rektale Untersuchung unauffällig wurde der mit Vaseline behaftete Katheter vorsichtig in den Analkanal eingeführt bis die Sensoren im Rektum zum Liegen kamen. Die korrekte Lage war durch einen Druckanstieg bei Eintritt in den Analkanal und anschließenden Druckabfall auf den Rektaldruck nach Durchtritt durch den Sphinkter erkennbar. Es wurde auf die korrekte Orientierung der Sensoren geachtet, indem die Markierung auf der Sonde auf zwölf Uhr in Steinschnittlage zeigte. In dieser Position wurde der Katheter einige Sekunden belassen um eine Adaptation an das Fremdkörpergefühl zu ermöglichen. Dies bildete die Ausgangslage für die Untersuchung mehrerer Parameter, die im Folgenden beschrieben werden. Die Auswahl der untersuchten Parameter war abhängig von Alter und Mitarbeit der Probanden. Als

Minimum sollte bei allen Kindern der Ruhedruck und der Rektoanale Inhibitionsreflex (RAIR) untersucht werden. War das Verständnis ausreichend vorhanden, wurde die Untersuchung erweitert.

Untersuchte Parameter:

- Ruhedruck
- Kneifdruck
- Pressdruck
- Dauerkontraktionsleistung
- Hustentest
- Ruhedurchzug mit Erstellung eines Analprofils

Abbildung 3 zeigt einen Ausschnitt einer Messung mit der Druckaufzeichnung aller neun Kanäle, bei der mehrere Testmanöver nacheinander durchgeführt wurden.

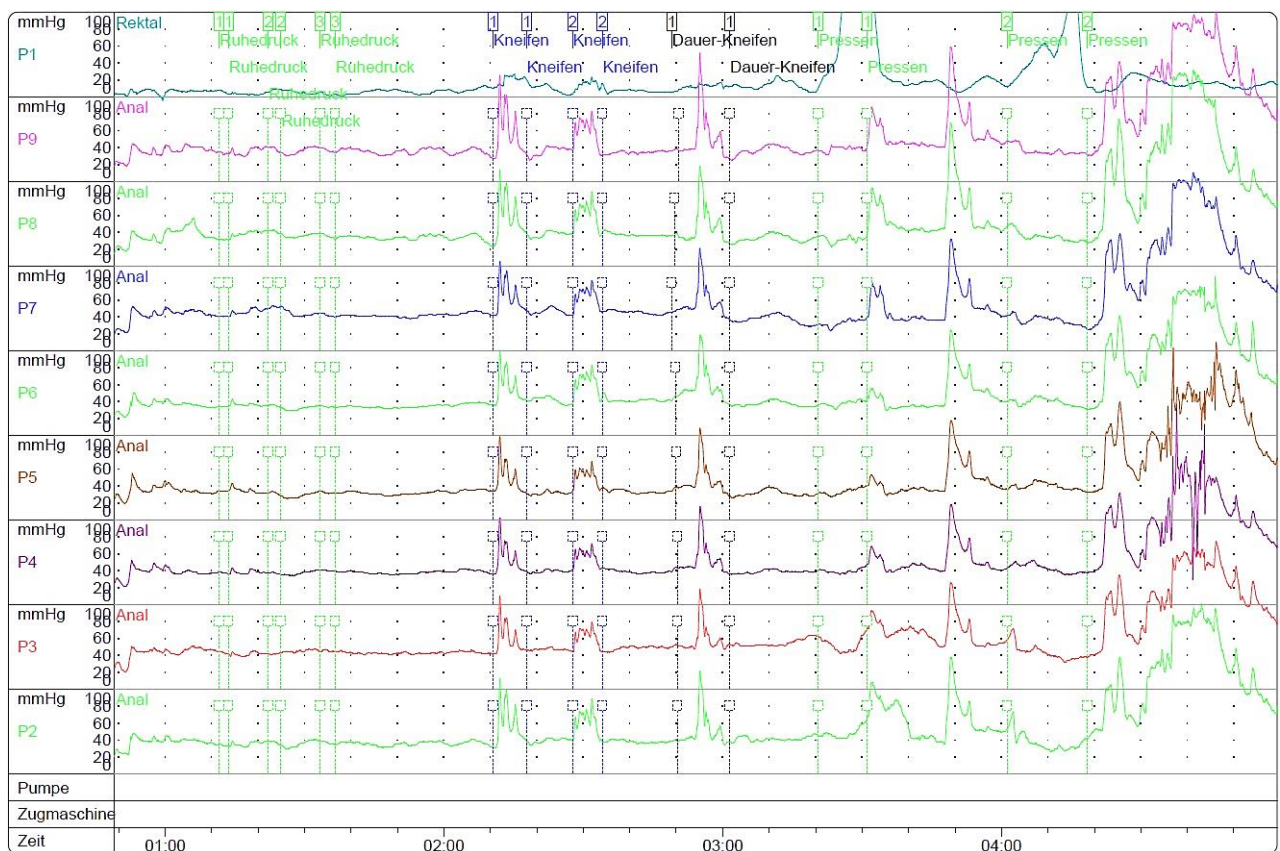


Abbildung 3. Ausschnitt einer Manometrieuntersuchung mit Aufzeichnung des Ruhedrucks (3x grün, links), des Kneifdrucks (2x blau), der Dauerkontraktion (schwarz) und des Pressens (2x grün, rechts) (ID Nr. 287)

### 2.3.2 Ruhedruck

Der Ruhedruck kann mittels stationärer oder dynamischer Messtechnik bestimmt werden. In der vorliegenden Arbeit wurden beide Verfahren verwendet und die folgenden Parameter bestimmt:

- (a) Ruhedruck in stationärer Messung
- (b) mittlerer Analdruck im Durchzugsverfahren
- (c) maximaler Analdruck im Durchzugsverfahren

Bei der stationären Messtechnik wurde, ausgehend vom Rektum, der Katheter langsam manuell zurückgezogen bis die Messpunkte im Bereich mit dem höchsten Ruhedruck lagen. Dies ist die sogenannte Hochdruckzone. Hier wurde der Katheter einige Sekunden zur Adaptation belassen, bis sich ein konstantes Druckplateau abzeichnete. Auf Kanal 1, dem intrarektalen Sensor, sollten bei Entspannung des Probanden keine Druckschwankungen zu sehen sein. Mit Hilfe der MMS® Software wurden im Druckplateau drei bis zehn Sekundenintervalle aufgezeichnet, die durch manuell gesetzte Marker gekennzeichnet waren. Die so erfassten Werte wurden gemittelt. Mehrfachmessungen mit Neuplatzierung der Sonde dienten der Überprüfung der korrekten Lage der Sensoren in der Hochdruckzone (vgl. Abbildung 4). Aus allen Einzelmessungen wurde ein Mittelwert berechnet.

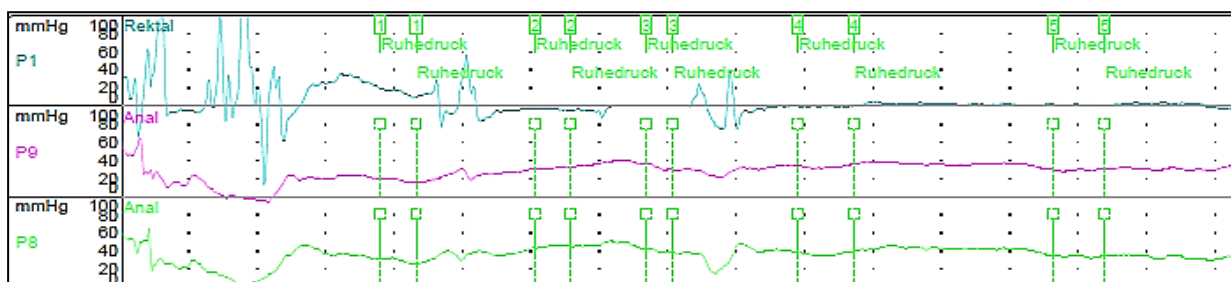


Abbildung 4. Ruhedruckmessung mit Neuplatzierung der Sonde zwischen den Einzelmessungen (ID Nr. 261)

Waren die Kinder dazu in der Lage längere Zeit ruhig zu liegen, wurde am Ende der Messung eine Ruhedruckmessung im Durchzugsverfahren angeschlossen. Anhand des so erstellten Analprofils konnte zusätzlich zu dem in stationärer Messtechnik gemessenen Ruhedruck ein mittlerer und maximaler Ruhedruck des gesamten Analkanals ermittelt werden. Im Folgenden wird dieser in Abgrenzung zum Ruhedruck der stationären Messtechnik, als mittlerer und maximaler Analdruck bezeichnet. Weitere Erläuterungen hierzu finden sich in Kapitel 2.3.8.

### 2.3.3 Kneifdruck

Der Kneifdruck ist der Druck, der nach Aufforderung des Patienten zur maximalen willkürlichen Kontraktion des Schließmuskels erreicht werden kann. Es werden die folgenden Parameter berechnet:

- (a) mittlerer maximaler Kneifdruck
- (b) mittlerer relativer Kneifdruck
- (c) absoluter maximaler Kneifdruck

Nach Überprüfung der korrekten Lage des Katheters in der Hochdruckzone, wurde der Proband gebeten, den Schließmuskel anzuspannen. Dies sollte ausschließlich durch Kontraktion des Sphinkters ohne Zuhilfenahme der glutealen Muskulatur geschehen.

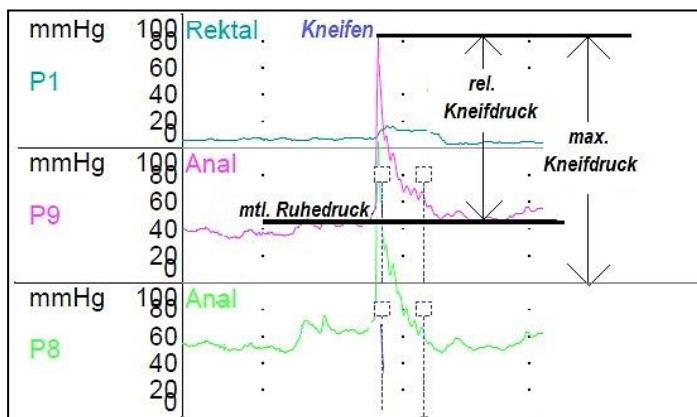


Abbildung 5. Druckkurve des maximalen und relativen Kneifdrucks  
(ID Nr. 236)

Der Normalbefund ist durch einen zügigen analen Druckanstieg mit Rückkehr zum zuvor aufgezeichneten Ruhedruckniveau gekennzeichnet. Der Beginn des Kneifvorganges wurde manuell mit einem Marker gekennzeichnet, während das Ende automatisch nach drei Sekunden markiert wurde. Da das Kneifen teilweise nicht beim ersten Versuch korrekt umgesetzt wurde, und in einigen Fällen nach Testwiederholung ein Ermüdungseffekt auftrat, wurde zur Beurteilung der maximalen Kneifleistung nur der beste Versuch herangezogen. Abbildung 5 veranschaulicht die Parameter „mittlerer maximaler Kneifdruck“ (mtl.max.KD) und „mittlerer relativer KD“ (mtl.rel.KD), was der Differenz von mtl.max.KD und dem Ruhedruck vor dem Kneifen entspricht. Beide wurden als Mittelwert der acht zirkulären Sensoren berechnet. Zusätzlich wurde der „absolute maximale Kneifdruck“ (abs.max.KD)

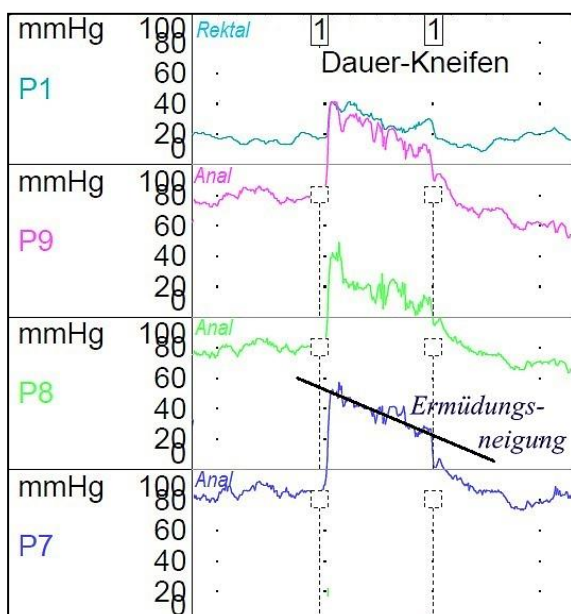
angegeben, der dem Spitzendruck während der gesamten Aufzeichnung entspricht, der auf einem der Kanäle aufgezeichneten wurde.

#### 2.3.4 Dauerkontraktion

Aus dem Dauerkontraktionstest erfolgt die Auswertung folgender Parameter:

- (a) maximaler Dauerkneifdruck
- (b) mittlerer Dauerkneifdruck
- (c) relativer Dauerkneifdruck
- (d) Fläche unter der Kurve
- (e) Ermüdungsneigung

Analog zum Kneiftest wurde der Proband zur Anspannung des Schließmuskels aufgefordert und sollte den erreichten Druck über zehn Sekunden aufrechterhalten. Der Einsatz der Glutealmuskulatur war zu vermeiden. Der erste Marker wurde direkt vor dem Kneifmanöver, der zweite Marker automatisch nach Ablauf des Zeitintervalls gesetzt. Dem Patienten wurde das Ende der Messung mitgeteilt und er somit zum Entspannen aufgefordert. Rao et al. beschreibt den physiologischen Kurvenverlauf als kurzen, starken Druckanstieg (Peak), gefolgt von einem konstanten Druckniveau, wie es in Abbildung 37 zu sehen ist.



Abbildungung 6. Aufzeichnung des Dauerkneifens  
Anmerkung: initialer Peak mit anschließender Plateauphase;  
Kanal 7: schematische Darstellung der Ermüdungsneigung  
mittels Regressionsgerade (ID Nr. 290)

Die MMS®-Software errechnete aus den aufgezeichneten Werten zwischen den Kanalmarkern des Zehnsekunden-Intervalls den maximal erreichten Druck, den relativen und mittleren Dauerkneifdruck, die Fläche unter der Kurve und die Ermüdungsneigung.

Der relative Dauerkneifdruck entsprach dem Druckanstieg ausgehend vom Ruhedruckniveau auf den maximalen Kneifdruck. Der mittlere Dauerkneifdruck war der Mittelwert aller zwischen den beiden Kanalmarkern aufgezeichneten Druckwerte. Die Ermüdungsneigung ergab sich mittels linearer Regression aus dem Intervall zwischen maximalem Druck und Ende des Kneifvorgangs (vgl. Abbildung 6). Ein negativer Wert spricht für eine Ermüdung des Sphinkters, ein positiver Wert für eine Druckzunahme während des Kneifintervalls. Die Fläche unter der Kurve wurde aus dem Integral der Druckwerte zwischen den beiden gesetzten Kanalmarkern und dem atmosphärischen Druck (0 mmHg) berechnet.

### 2.3.5 Pressdruck

Ausgewertet wurden die Parameter

- (a) mittlerer minimaler Pressdruck
- (b) maximaler analer Druckabfall
- (c) prozentualer analer Druckabfall

Im Pressversuch wurde die Sonde wie bei der Ruhedruckmessung so platziert, dass sich für den intrarektalen Referenzwert ein Messpunkt im Rektum befand, was bei der hier verwendeten Sonde dem Kanal 1 an der Sondenspitze entsprach. Die restlichen zirkulär angeordneten Messpunkte der Sonde kamen in der Hochdruckzone zu liegen. Der Patient wurde aufgefordert, einer Stuhlentleerung entsprechend, zu pressen.

Bei korrekter Durchführung lässt sich ein intrarektaler Druckanstieg sowie intraanal ein kurzer Druckanstieg mit anschließendem Abfall auf Werte unterhalb des Ruhedruckniveaus darstellen [12,13]. Der Versuch wurde mindestens ein weiteres Mal wiederholt und der beste Versuch ausgewertet. Hieraus ergaben sich die Parameter „mittlerer minimaler Pressdruck“ (mtl.min.PD) und „maximaler analer Druckabfall“ sowie der „prozentuale anale Druckabfall“ (vgl. Abbildung 7).

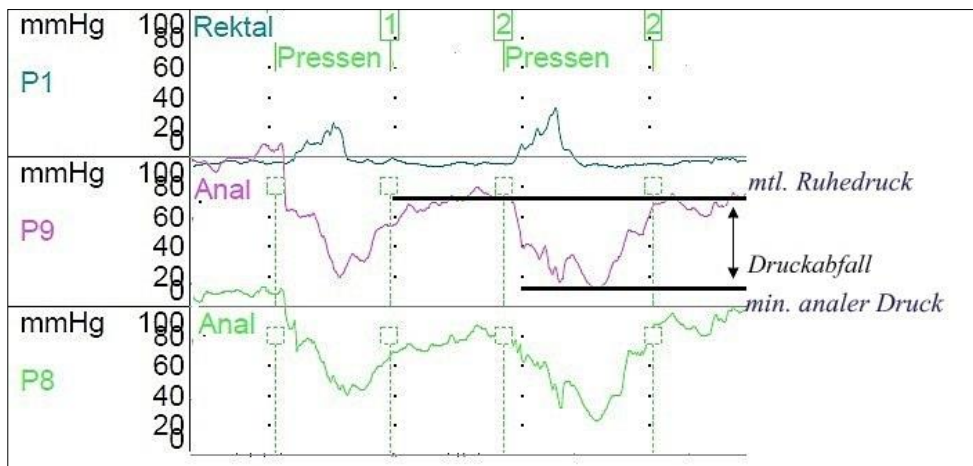


Abbildung 7. Aufzeichnung des Pressversuchs mit rektalem Druckanstieg, maximalem analen Druckabfall und analem Druck (ID Nr. 300)

Die drei Parameter stellten über alle acht Kanäle gemittelte Werte dar. Der maximale Druckabfall berechnete sich aus der Differenz von analem Ruhedruck vor dem Pressen und minimalem analem Druck während des Pressens.

Des Weiteren wurde die Beobachtung paradoxer analer Kontraktionen entsprechend der Einteilung von Rao et al., notiert [55]. Abbildung 8 zeigt den Normalbefund und die vier Typen der Dyssynergienmuster.

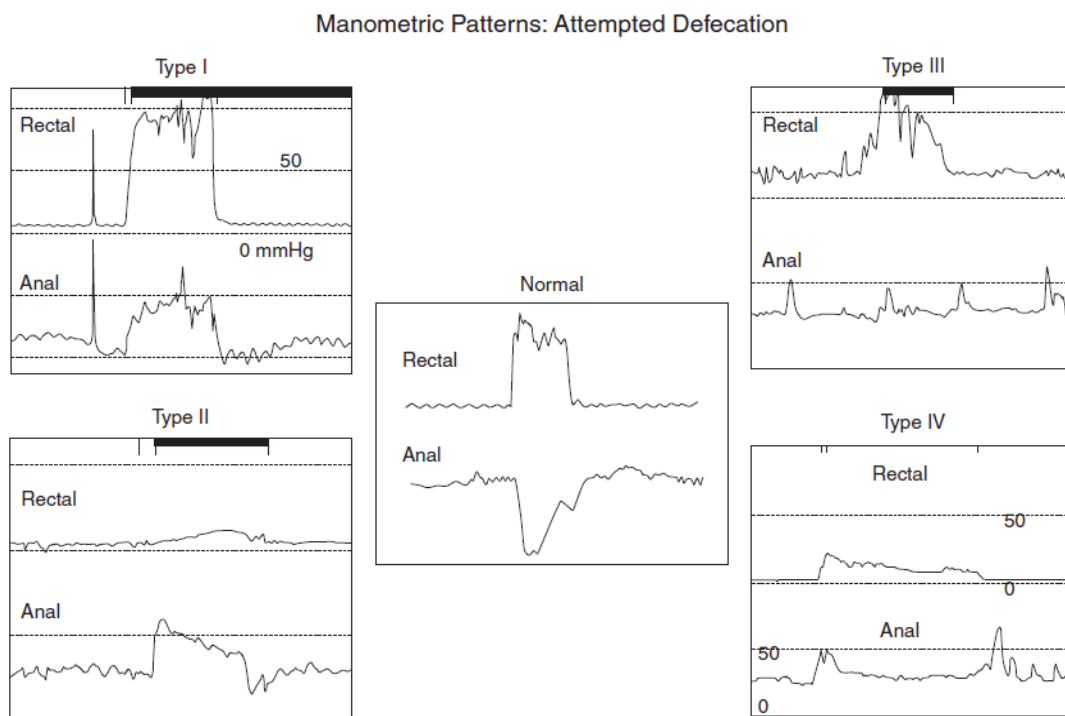


Abbildung 8. Beckenbodendyssynergie nach Rao et al. Typ I-IV [19]



Bei Typ I findet sich eine regelrechte intrarektale Druckzunahme ( $> 45$  mmHg) und eine paradoxe anale Druckzunahme. Typ II weist ebenfalls eine paradoxe anale Druckzunahme bei fehlender adäquater rektaler Druckzunahme auf, die die Unfähigkeit einen adäquaten Austreibungsdruck aufzubauen widerspiegelt. Typ III ist durch eine regelrechte rektale Druckzunahme in Verbindung mit einem nicht ausreichenden oder vollständig fehlenden analen Druckabfall gekennzeichnet ( $< 20\%$ ). Bei Typ IV wird weder ein rektaler Austreibungsdruck aufgebaut, noch kommt es zu einem ausreichenden analen Druckabfall [19]. Tabelle 3 fasst die Dyssynergiemuster zur Bewertung des Pressversuches zusammen.

Tabelle 3. Vergleich der analen und rektalen Druckverhältnisse der Dyssynergie-Typen nach Rao et al.

Dyssynergie-Typ	Rektaler Austreibungsdruck	Analer Druck
Typ I	regelrecht	Paradoxe Druckanstieg
Typ II	fehlend	Paradoxe Druckanstieg
Typ III	regelrecht	nicht ausreichend oder fehlender Druckabfall ( $< 20\%$ )
Typ IV	fehlend	nicht ausreichend oder fehlender Druckabfall ( $< 20\%$ )

Quelle: [19]

### 2.3.6 Rektoanaler Inhibitionsreflex

Die Auswertung des rektoanal Inhibitionsreflexes umfasst:

- (a) qualitative Beurteilung
- (b) prozentuale Relaxation

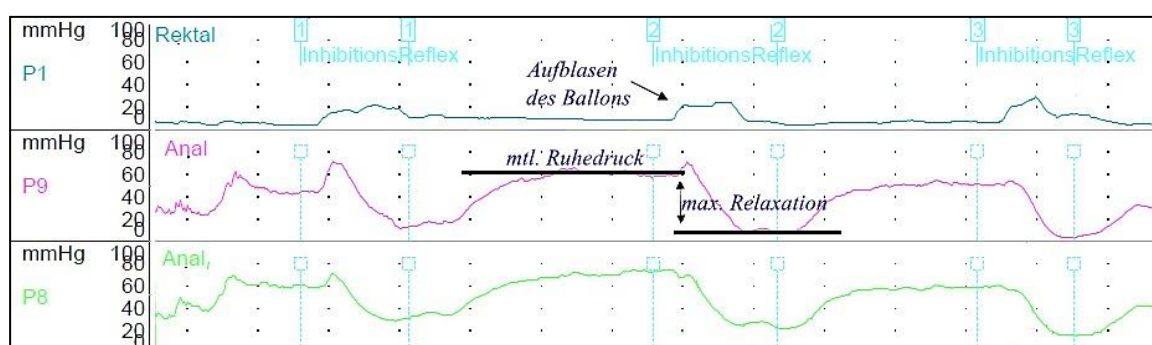


Abbildung 9. Aufzeichnung des Rektoanal Inhibitionsreflexes (ID 268)

Anmerkung: rektaler Druckanstieg durch Luftinsufflation des Ballons (P1, blau) und analer Druckabfall durch Relaxation des M. sphinkter ani internus (P9 rosa, P8 grün), langsamen Angleich auf das Ruhedruckniveau

Der rektoanale Inhibitionsreflex (RAIR) beschreibt die Relaxation des inneren Sphinkters als Reaktion auf eine Distension des Rektums durch Stuhl, Flüssigkeit oder Gase, wodurch es zur

Wahrnehmung von Stuhldrang und Einleiten der Defäkation kommt. Zur Prüfung des RAIR wurde dorsal der Messsonde ein Ballonkatheter eingeführt, bis dieser im Rektum, proximal des Sphinkterkomplexes zu liegen kam. Das Fassungsvermögen wurde altersentsprechend ausgewählt. Bis zum vollendeten ersten Lebensjahr wurde ein Katheter der Größe 8 Charrière (3 ml) verwendet, bis zum vollendeten zweiten Lebensjahr die Größe 10 Charrière (5 ml) und ab einem Alter von drei Jahren ein Ballon der Größe 12 Charrière (10 ml).

Die Sonde wurde, wie bei der Kneif- und Pressdruckmessung, mit den Kanälen 2 bis 9 in der Hochdruckzone platziert, und dort für die Messung belassen. Hatte sich nach einer Adaptationszeit ein konstantes Ruhedruckniveau eingestellt, wurde der Ballon mit einer Spritze zügig manuell mit Luft gefüllt und nach drei bis fünf Sekunden wurde die Luft wieder abgezogen. Bei Gesunden löste die rektale Dehnung einen Reflex aus, was manometrisch, nach initialem analem Druckanstieg, in einem raschen analen Druckabfall unter das Ruhedruckniveau resultierte. Nach einer kurzen Plateauphase stieg der anale Druck wieder auf das vorherige Ruhedruckniveau an (Abbildung 9). Der Versuch wurde mindestens zwei weitere Male wiederholt. Kam es durch das Anliegen der Ballonsonde am Katheter zu offensichtlichen Verfälschungen der aufgezeichneten Druckwerte, so wurde der entsprechende Kanal im Anschluss aus der Auswertung ausgeschlossen. Beispielhaft ist dies in Abbildung 10 dargestellt mit fehlerhafter Aufzeichnung des Kanals P6.

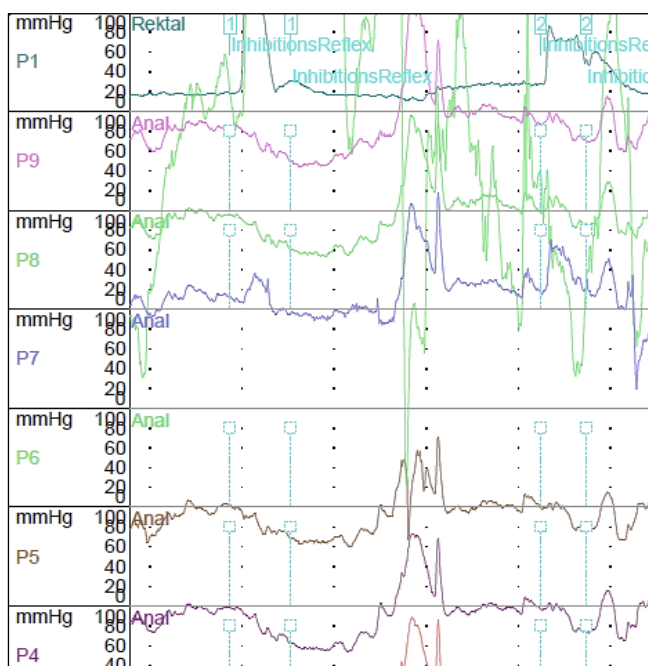


Abbildung 10. RAIR-Untersuchung mit fehlerhafter Aufzeichnung auf Kanal P6

Der Reflex wurde visuell vom Untersucher und im Nachhinein vom Studienleiter verblindet auf das Vorhandensein bewertet. Zusätzlich errechnete die Software die prozentuale Relaxation, um die der anale Druck, ausgehend vom Ruhedruck, maximal abfiel (vgl. Abbildung 9) nach der Formel:

$$\text{anale Relaxation [\%]} = \frac{\text{minimaler analer Druck}}{\text{mittlerer Ruhedruck}} \times 100$$

Als Schwellenwert für das Vorhandensein eines regelrechten RAIR galt laut Herstellereinweisung ein Wert von 60 %.

### 2.3.7 Husten

Eine plötzliche abdominelle Druckerhöhung löst einen multisynaptischen, sakralen Reflex aus, der zur Kontraktion des M. sphincter ani externus führt und so den ungewollten Verlust von Stuhl verhindert [56,57]. Um eine derartige Stressreaktion zu provozieren, wurde der Patient, nach Platzierung der Sonde in der Hochdruckzone, aufgefordert zu husten.

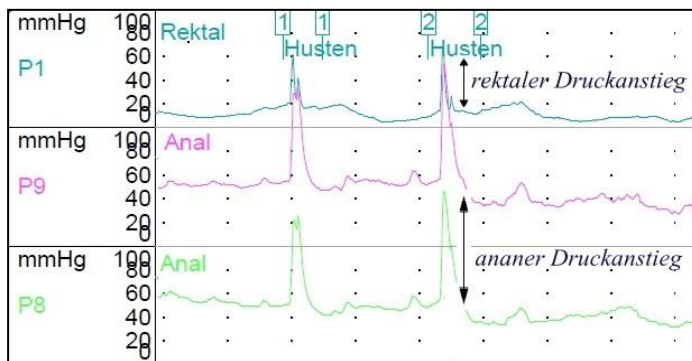


Abbildung 11. Aufzeichnung eines normalen Hustentests

Anmerkung: P1 rektaler Sensor, P8, 9 analer Sensor (ID Nr. 287)

Der Hustentest wurde rein qualitativ bewertet. Die Druckzunahme auf Kanal 1, die dem intraabdominellen Druck entsprach, wurde mit dem auf den intraanal Kanälen aufgezeichneten Druckanstieg verglichen. Der Test gilt als unauffällig, wenn der intraanale den intrarektalen Druckanstieg übersteigt, wie dies in Abbildung 11 zu sehen ist.

### 2.3.8 Analprofil

Die Auswertung umfasste die Parameter

- a) Asymmetrie
- b) Mittlerer Analdruck (siehe Beschreibung Kapitel 2.3.2)
- c) Maximaler Analdruck (siehe Beschreibung Kapitel 2.3.2)
- d) Analkanallänge
- e) Länge der Hochdruckzone
- f) Anteil der Hochdruckzone am Analkanal

Für die Beurteilung des gesamten Analkanals wurde mittels kontinuierlichen Rückzugs unter Ruhebedingungen ein Analprofil erstellt. Voraussetzung hierfür war ein entspannter, ruhiger Proband, der während des Messvorgangs keine Bewegungsartefakte erzeugte. Alter und Kooperationsbereitschaft stellten daher limitierende Faktoren dar. Alle Sensoren wurden zunächst bis in das Rektum vorgeschoben, sodass auf allen Kanälen der rektale Druck aufgezeichnet wurde. Der Katheter wurde in die Halterung des Rückzugschlittens eingespannt und mit einer definierten Geschwindigkeit von 3 mm/s zurückgezogen. Auf diese Weise durchliefen die Sensoren vom Rektum ausgehend den gesamten Analkanal und der Druck wurde in radiärer und longitudinaler Richtung kontinuierlich aufgezeichnet.

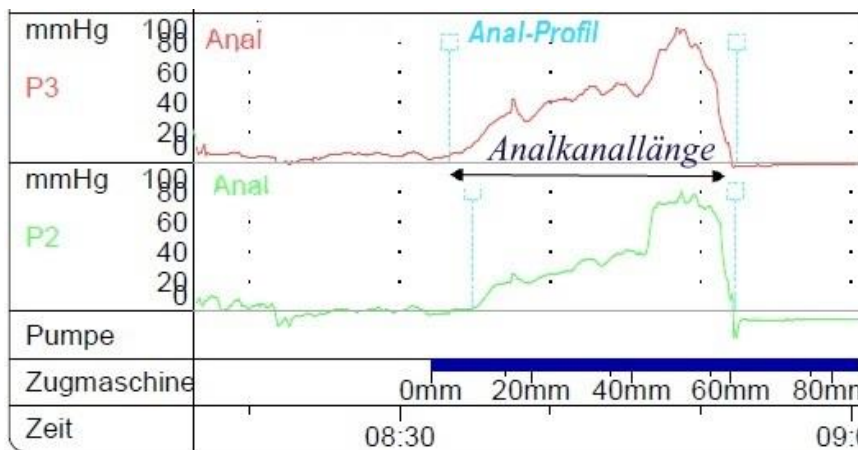


Abbildung 12. Aufzeichnung des Analprofils

Anmerkung: Rückzugsgeschwindigkeit 3 mm/s; ACL = durch Marker gekennzeichnetes Intervall vom ersten Druckanstieg über den rektalen Druck bis zum Abfall des Drucks auf den atmosphärischen Druck (ID Nr. 300)

Die Markierung für den Beginn wurde bei dem ersten Druckanstieg über den rektalen Druck gesetzt, das Ende des Profil und somit das Verlassen des Analkanals wurde durch einen zweiten Marker gekennzeichnet, bei dem der aufgezeichnete Druck auf den atmosphärischen Druck (0 mmHg) abfiel. Unterschieden sich die Aufzeichnungen der einzelnen Kanäle in Bezug auf Beginn und Ende des Analprofils, so war in der Nachbearbeitung eine manuelle Anpassung möglich. Diese ist notwendig, da vom System Artefakte, technische Störungen und vom Patienten verursachte Druckänderungen nicht erkannt werden und die Rohdaten somit einem systematischen Fehler unterliegen würden. Weiterhin war beim Setzen des zweiten Markers darauf zu achten nicht fälschlicherweise die Glutealmuskulatur als Teil des Analkanals mit einzubeziehen. Durch Beobachtung der Sonde während des Verlassens des Anus, konnte dies vermieden werden.

Aus den aufgezeichneten Werten errechnete das MMS®-Programm ein dreidimensionales Profil und zahlreiche Parameter, von denen in dieser Arbeit Asymmetrie, mittlerer und maximaler Analdruck, die Länge des Analkanals und der Hochdruckzone sowie der Anteil der Hochdruckzone am Analkanal in die Auswertung aufgenommen wurden.

#### *2.3.8.1 Länge des Analkanals und der Hochdruckzone*

Die Analkanallänge (ACL) berechnet sich durch Multiplikation der Rückzugsgeschwindigkeit mit der Zeit zwischen den gesetzten Kanalmarkern nach der Formel

$$ACL \text{ [mm]} = v(\text{Rückzug}) * t(\text{Intervall})$$

Sie entspricht der Gesamtlänge des Druckprofils vom ersten Druckanstieg über den rektalen Druck bei Eintritt in den Analkanal bis zum Druckabfall auf den atmosphärischen Druck (0 mmHg) bei Verlassen des Kanals (vgl. Abbildung 12).

Die Hochdruckzone ist der Bereich des Profils mit einem Druck von mindestens 50 % des maximalen Drucks. Zusätzlich wurde der prozentuale Anteil berechnet, den die Hochdruckzone am Analkanal ausmacht.

#### *2.3.8.2 Asymmetrie*

Zur Veranschaulichung der Symmetrie- und Druckverhältnisse im Analkanal wurde ein „3D-Vektor-Volume-Plot“ erstellt. Hierfür wurde das aufgezeichnete Analprofil in Segmente von

3 mm Länge aufgeteilt. Pro Segment wurde für jeden der acht radiär angeordneten Kanäle der maximale Druck als Abstand zum Nullpunkt in der Mitte, eingezeichnet (vgl. Abbildung 13, unten). Ein dreidimensionales Modell des Analkanals bietet dem Untersucher die Möglichkeit radiäre und axiale Asymmetrie einfach zu beurteilen (vgl. Abbildung 13, oben).

3D-Vektorvolumendarstellung (Ruhedruckprofil 1)



## Übersicht der Radialsegmente

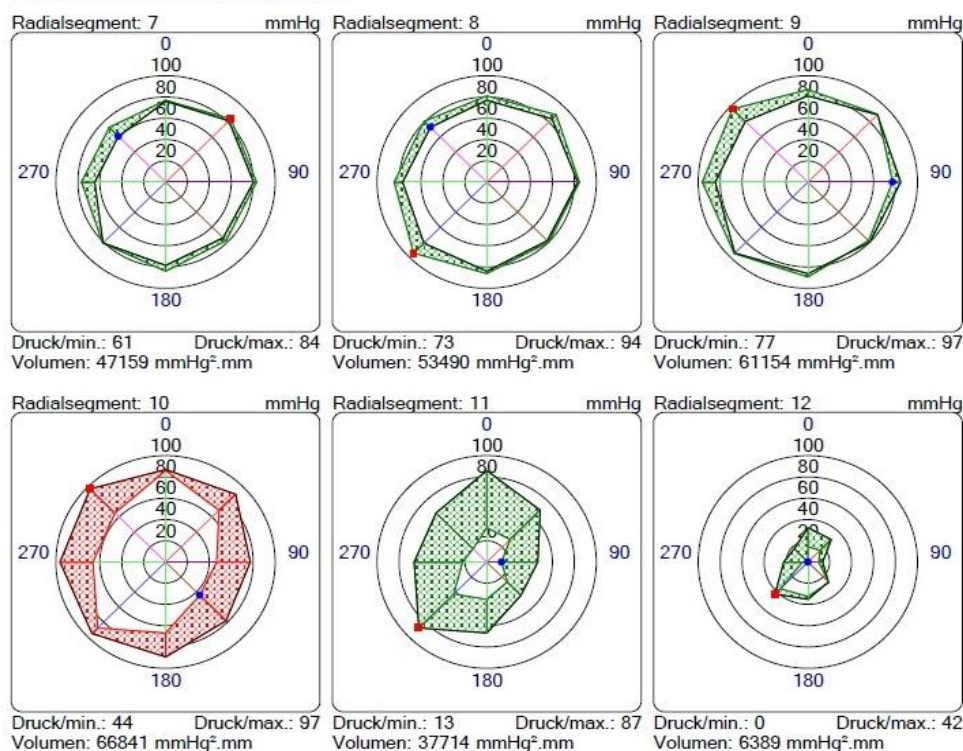


Abbildung 13. 3D-Vektorvolumen-Darstellung des Analkanals und Beispiele für Radialsegmente  
 roter Punkt = maximaler Druck des Radialsegments; blauer Punkt = minimaler Druck des Radialsegments;  
 rote Schraffierung = Segment mit dem höchsten Segmentdruck (ID Nr. 249)

Die Segmentasymmetrie entsprach dem Verhältnis zwischen der Summe der Druckwerte der acht einzelnen Kanäle und dem Druckmaximum des jeweiligen Segmentes. Laut MSS® berechnen sich die Segmentasymmetrie und die Gesamtasymmetrie nach folgenden Formeln:

$$\text{Segmentasymmetrie} = \frac{\text{Summe der Druckwerte des Segments}}{\text{Anzahl der Kanäle} * \text{max. Druck}}$$

$$\text{SegmentasymmetrySum} = \text{AsymmetrySum} + 1 - \text{AsymmetryValue}$$

$$\text{Gesamtasymmetrie} = \frac{\text{AsmSum} * 100}{\text{VVEndSampleNr} - \text{VVStartSampleNr} + 1}$$

## 2.4 Umfrage an kinderchirurgischen Kliniken

Im Zeitraum von Juni bis September 2015 erfolgte eine telefonische und schriftliche (E-Mail siehe Kapitel 9.1.1) Befragung kinderchirurgischer Kliniken und Abteilungen in Deutschland zur Nutzung der anorektalen Manometrie. Es wurden Fragen zur aktuellen Verwendung, Indikationen zur Manometrie sowie der technischen Ausstattung der Kliniken gestellt. Durch offene Fragen sollte eine Einschätzung der Sichtweise bezüglich Limitationen, Vor- und Nachteilen des Messverfahrens sowie Kritikpunkte erfasst werden. Die Antworten wurden tabellarisch zusammengefasst (Tabelle 54, Kapitel 9.1.2).

## 2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit dem Statistik Programm IBM SPSS Statistics 22.0 durchgeführt (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp). Die deskriptive Beschreibung der gemessenen Parameter erfolgt durch Mittelwert, zugehörigem 95 % Konfidenzintervall, Standardabweichung sowie Median mit 25 % und 75 % Quartil.

Die Daten wurden anhand des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung geprüft. Bei  $p < 0,05$  war die Normalverteilungsannahme nicht gegeben. Zusätzlich dienten Kurtosis, Schiefe und der Vergleich des Mittelwertes bzw. des Median zur weiteren Beurteilung der Normalverteilung. Werte für Kurtosis ( $\omega$ ) und Schiefe ( $\alpha$ )  $< \pm 1$  deuten auf normalverteilte Werte hin.

Zum Vergleich der Mittelwerte zweier Gruppen wurden der t-Test für unabhängige Stichproben bei normalverteilten Parametern und der Whitney-Mann U Test für nicht-normalverteilte Daten herangezogen. Um Mittelwerte kontinuierlicher Variablen zwischen mehreren Gruppen zu vergleichen und auf ihre Abhängigkeit zu testen, wurde nach vorherigem Test auf Varianzhomogenität (Levene Test  $p > 0,05$ ) eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit anschließendem Post-hoc-Test (LSD, Bonferroni) bei Normalverteilung verwendet. War eine Normalverteilung nicht gegeben, erfolgte dieser Vergleich anhand des Kruskal-Wallis-Tests. Es wurde auf einem Signifikanzniveau von 95 % getestet.

Um den linearen Zusammenhang zweier Variablen zu beschreiben wurde der Pearson'sche Korrelationskoeffizient berechnet. Je stärker sich der Korrelationskoeffizient an den Wert 1



annähert, desto stärker ist die Korrelation ausgeprägt. Erreicht er den Wert 0, liegt keine Korrelation der untersuchten Variablen vor.

Die intraindividuelle Wiederholungsgenauigkeit der einzelnen Ruhedruckmessungen als Maß für die Reliabilität wurde mit Hilfe der Intraklassenkorrelation mit zweifach gemischtem Modell untersucht und der jeweilige *ICC*-Wert angegeben.

Die Interrater-Reliabilität zum Vergleich zweier Untersuchungsverfahren oder Untersucher wurde mit Hilfe von Cohen's Kappa beschrieben. Bei einem Wert von  $k = 1$  stimmen die Urteile der beiden Untersucher in allen Fällen überein. Entspricht die Übereinstimmung nur dem Zufall, nimmt  $k$  den Wert 0 an.

Die Statistische Auswertung und Signifikanzprüfung, sowie die Planung der Größe des Patientenkollektivs erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für klinische Studien der Universität Regensburg.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Gesunde Stichprobe der Normwerterhebung

#### 3.1.1 Stichprobenbeschreibung

Im Rahmen der Studie wurden im Zeitraum von Januar 2014 bis Juni 2015 insgesamt  $n = 73$  gesunde Kinder untersucht, die sich in  $n = 32$  (44 %) weibliche und  $n = 41$  (56 %) männliche Probanden unterteilten. Sie umfassten ein Altersspektrum von elf Tagen bis 14 Jahren mit einem mittleren Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung von  $M = 4,51$  Jahren ( $SD = 3,74$ ).  $N = 69$  Kinder (95 %) hielten sich zum Zeitpunkt der Untersuchung stationär in der kinderchirurgischen Abteilung der Klinik St. Hedwig auf, vier Geschwisterkinder nahmen zusätzlich an der Untersuchung teil. Die Verteilung von Alter und Geschlecht ist Abbildung 14 zu entnehmen.

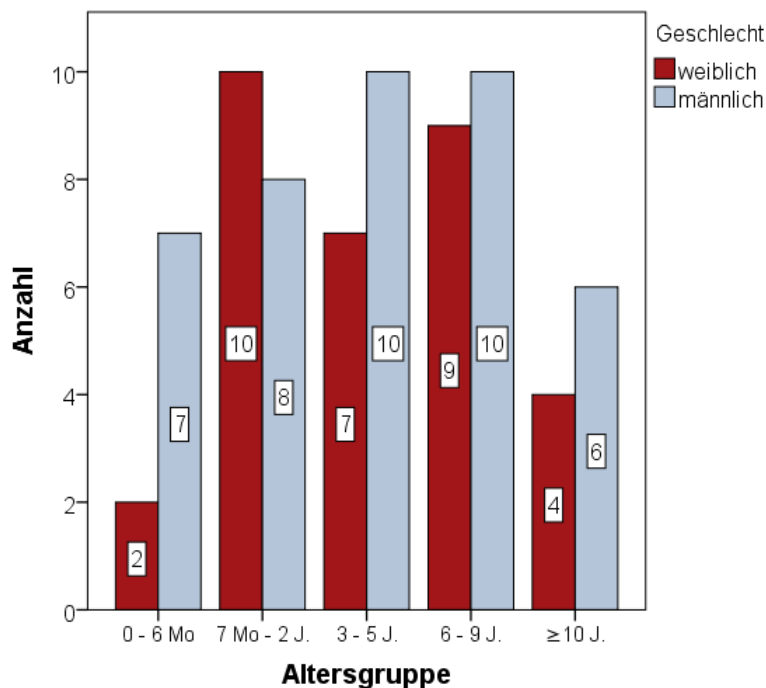


Abbildung 14. Alters- und Geschlechtsverteilung der Probanden ( $n = 73$ )

Die Ursachen für den Klinikaufenthalt umfassten Schädelhirntraumata Grad I ( $n = 39$ ; 57 %), Phlegmonen oder andere Hautabszesse ( $n = 11$ ; 14 %), Frakturen ( $n = 7$ ; 10 %), Weichteilverletzungen ( $n = 4$ ; 6 %), Leistenhernien ( $n = 3$ ; 4 %), Osteomyelitis ( $n = 2$ ; 3 %), Verdacht auf

Choledochuszyste ( $n = 1$ ; 1 %), Lymphknotenabszess ( $n = 1$ ; 1 %) und stumpfes Bauchtrauma ( $n = 1$ ; 1 %).

Trotz kindgerechter und beruhigender Umgebungsbedingungen konnte nicht bei allen Probanden ein entspannter Zustand erreicht werden, was dazu führte, dass nicht alle Parameter gemessen werden konnten. Die Untersuchung wurde von  $n = 6$  Kindern (8 %) vorzeitig abgebrochen, weitere  $n = 4$  Kinder (6 %) lehnten die Untersuchung des Inhibitionsreflexes mit einem zusätzlich eingeführten Ballonkatheter ab.

### 3.1.2 Ruhedruck

#### 3.1.2.1 Stationäre Messung

Bei allen  $n = 73$  Kindern wurde der Ruhedruck in stationärer Messtechnik in mehreren Einzelmessungen ermittelt und hieraus ein Mittelwert gebildet. Der mittlere Ruhedruck (mRD) der gesamten Stichprobe lag in einem Bereich von 19 mmHg bis 97 mmHg ( $M = 59,04$  mmHg;  $SD = 14,96$ ) (vgl. Tabelle 4). Die Verteilung war symmetrisch um den Mittelwert und entsprach annähernd einer Normalverteilung ( $\alpha = 0,003$ ;  $\omega = 0,029$ ), was ein durchgeführter Shapiro-Wilk-Test bestätigte ( $p = 0,928$ ). Das Histogramm zeigt die Häufigkeitsverteilung des mittleren Ruhedrucks (Abbildung 15).

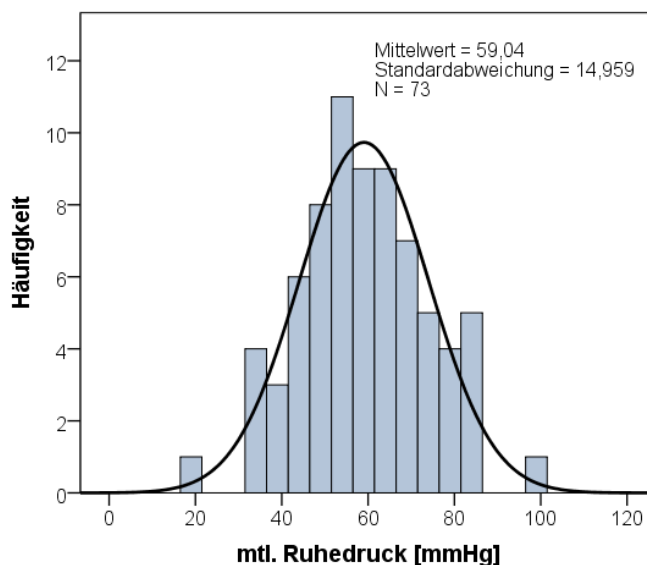


Abbildung 15. Histogramm für den mittleren Ruhedruck (stationäre Messung) mit Normalverteilungskurve

Die Mittelwerte getrennt nach Altersgruppen sind in Tabelle 4 aufgeführt und in Abbildung 16 mit zugehörigem 95 % Konfidenzintervall graphisch dargestellt. Eine Analyse mittels ANOVA konnte keinen signifikanten Unterschied des Mittelwerts des mittleren Ruhedrucks zwischen den einzelnen Altersgruppen nachweisen ( $F(4; 72) = 0,384, p = 0,820$ ).

Tabelle 4. Ergebnisse des mittleren Ruhedrucks [mmHg] (stationäre Messung)

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.1	9	60,44	18,58	45,96	74,93	19	83	65,0	53,5	74,00
Gr.2	18	58,17	11,98	52,21	64,13	34	78	60,5	49,00	67,25
Gr.3	16	59,38	14,22	51,80	66,95	32	82	59,5	51,00	71,00
Gr.4	20	56,65	16,38	48,99	64,32	32	97	52,5	46,00	68,75
Gr.5	10	63,60	16,13	52,06	75,14	38	86	56,5	53,75	81,50
weiblich	23	58,63	13,34	53,82	63,43	34	82	57,0	46,75	70,50
männlich	41	59,67	16,27	54,23	64,50	19	97	57,0	50,00	69,00
Gesamt	73	59,04	14,96	55,55	62,53	19	97	57,0	49,00	70,00

Der mittlere Ruhedruck der weiblichen Probanden lag mit  $M = 58,63$  mmHg knapp unter dem der männlichen Probanden mit  $M = 59,37$  mmHg. Ein durchgeführter t-Test für unabhängige Stichproben fiel nicht statistisch signifikant aus ( $t(71) = -0,21, p = 0,835$ ). Rein deskriptiv fiel in den ersten drei Altersgruppen einen höheren Ruhedruck der Mädchen auf, während sich dies in den Altersgruppen vier und fünf umgekehrt verhielt (siehe Abbildung 16).

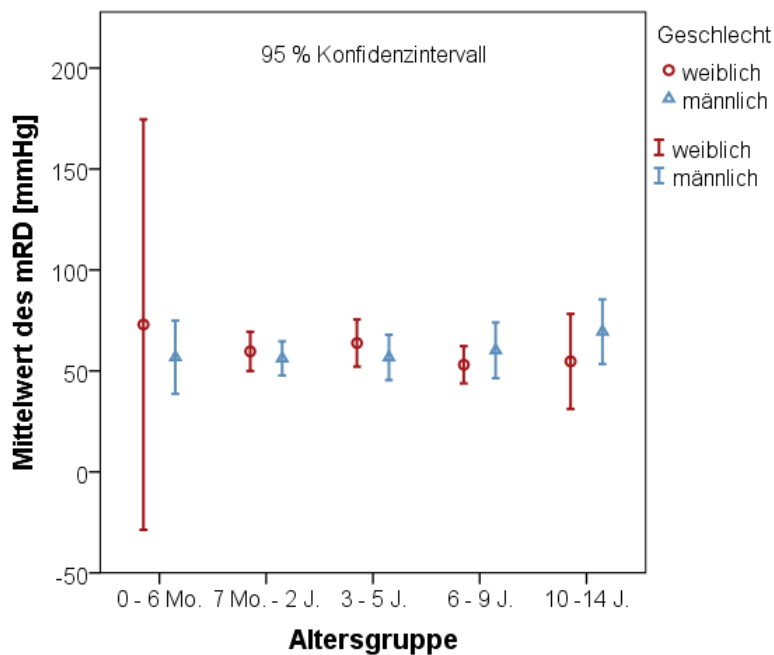


Abbildung 16. Mittlerer Ruhedruck (stationäre Messung) getrennt nach Altersgruppe und Geschlecht

Um die intraindividuelle Übereinstimmung der Einzelmessungen und damit die Reliabilität der Ruhedruckmessung zu bestimmen, wurde die Intraklassenkorrelation der ersten drei Ruhedruckmessungen jedes Probanden bezogen auf die einzelnen Altersklassen berechnet. Der *ICC*-Wert nahm von Gruppe eins ( $ICC(3, 7) = 0,659$ ) über Gruppe zwei ( $ICC(3, 17) = 0,662$ ), Gruppe drei ( $ICC(3, 15) = 0,847$ ) bis Gruppe vier ( $ICC(3, 19) = 0,907$ ) beziehungsweise Gruppe fünf ( $ICC(3, 9) = 0,889$ ) zu. Folglich zeigten die Werte der Einzelmessungen mit zunehmendem Alter geringere Abweichungen voneinander, wodurch die Ruhedruckmessung eine höhere Reliabilität aufwies.

### 3.1.2.2 Kontinuierlicher Durchzug

Bei  $n = 36$  (49 %) Probanden ( $n = 16$ ; 44 % weiblich,  $n = 20$ ; 56 % männlich) der Altersgruppen drei, vier und fünf erfolgte ein Ruhedurchzug. Dies stellt eine weitere Möglichkeit dar, den analen Ruhedruck zu erheben. In Abgrenzung zum mittleren Ruhedruck aus der stationären Messung (mRD) wird dieser im Folgenden als mittlerer Analdruck (mtl.AD) und maximaler Analdruck (max.AD) bezeichnet. Die Tabellen 5 und 6 fassen die Ergebnisse des Ruhedurchzugs nach Altersgruppen und Geschlecht getrennt zusammen.

Tabelle 5. Ergebnisse des maximalen Analdrucks [mmHg] (kontinuierliche Rückzugstechnik)

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	10	110,60	46,79	77,13	144,07	57	185	102	62,00	160,25
Gr.4	16	129,13	35,68	110,11	148,14	80	227	123	115,75	150,75
Gr.5	10	139,30	41,34	109,72	168,88	90	201	142	95,25	179,75
weiblich	16	141,25	43,72	117,95	164,55	59	227	132	115,75	177,25
männlich	20	115,25	35,38	98,69	131,81	57	179	114	86,25	153,00
Gesamt	36	126,81	40,87	112,98	140,63	57	227	123	93,25	160,75

Tabelle 6. Ergebnisse des mittleren Analdrucks [mmHg] (kontinuierliche Rückzugstechnik)

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	10	51,10	23,61	34,21	67,99	21	84	52,0	27,00	76,50
Gr.4	16	57,00	14,24	49,41	64,59	33	88	51,0	47,25	70,75
Gr.5	10	64,20	16,23	52,59	75,81	29	93	66,5	56,50	70,50
weiblich	16	57,19	16,48	48,41	65,97	21	84	59,0	47,00	68,75
männlich	20	57,50	19,49	48,38	66,62	24	93	53,0	48,75	72,75
Gesamt	36	57,36	17,96	51,28	63,44	21	93	54,5	47,25	71,25

Der mtl.AD wies einen Mittelwert von  $M = 57,36$  mmHg ( $SD = 17,96$ ;  $a = -0,121$ ;  $\omega = -0,40$ ) auf. Der max.AD war mit einem Mittelwert von  $M = 126,81$  mmHg ( $SD = 40,58$ ;  $a = 0,352$ ;  $\omega = -0,268$ ) durchschnittlich doppelt so hoch wie der mtl.AD und wies eine größere Streuung auf.

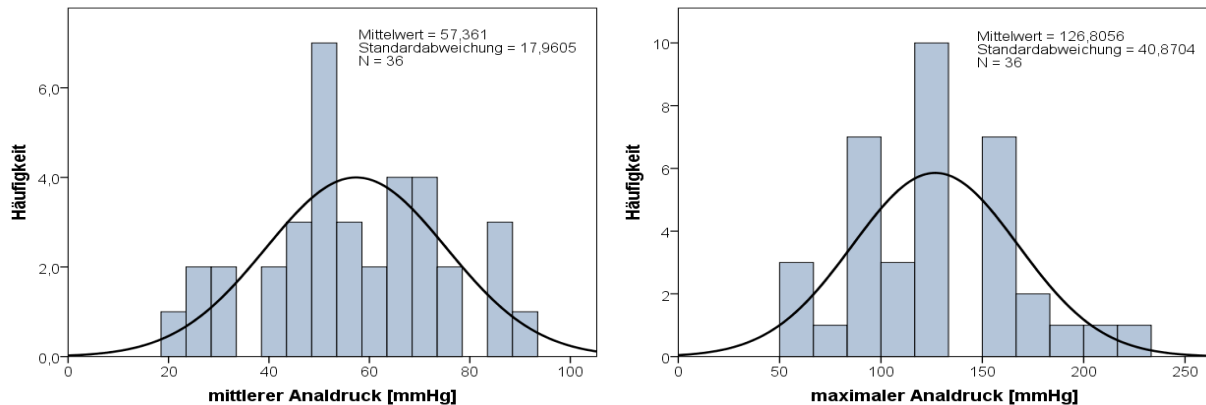


Abbildung 17. Histogramm für den mittleren Analdruck (links) und den maximalen Analdruck (rechts)

Abbildung 17 zeigt die Häufigkeitsverteilung der beiden Parameter. Der mittlere Analdruck und der maximale Analdruck zeigten eine positive Korrelation ( $r = 0,691$   $p < 0,05$ ).

Berechnete ANOVAS bezüglich des Zusammenhangs zwischen Alter und Höhe des mittleren bzw. maximalen Analdrucks fielen nicht signifikant aus (mtl.AD:  $F(2; 32) = 1,637$ ,  $p = 0,211$ ; max.AD:  $F(2; 32) = 1,029$ ,  $p = 0,370$ ). Dies spricht dafür, dass mittlerer und maximaler Analdruck unabhängig vom Alter sind.

Weiterhin konnte mit Hilfe eines t-Tests kein signifikanter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen bezüglich des mittleren Analdrucks gefunden werden ( $t(31) = -0,25$ ,  $p = 0,805$ ). Gleiches gilt für den maximalen Analdruck ( $t(31) = 1,70$ ,  $p = 0,099$ ).

## 3.1.2.3 Vergleich der Messtechniken

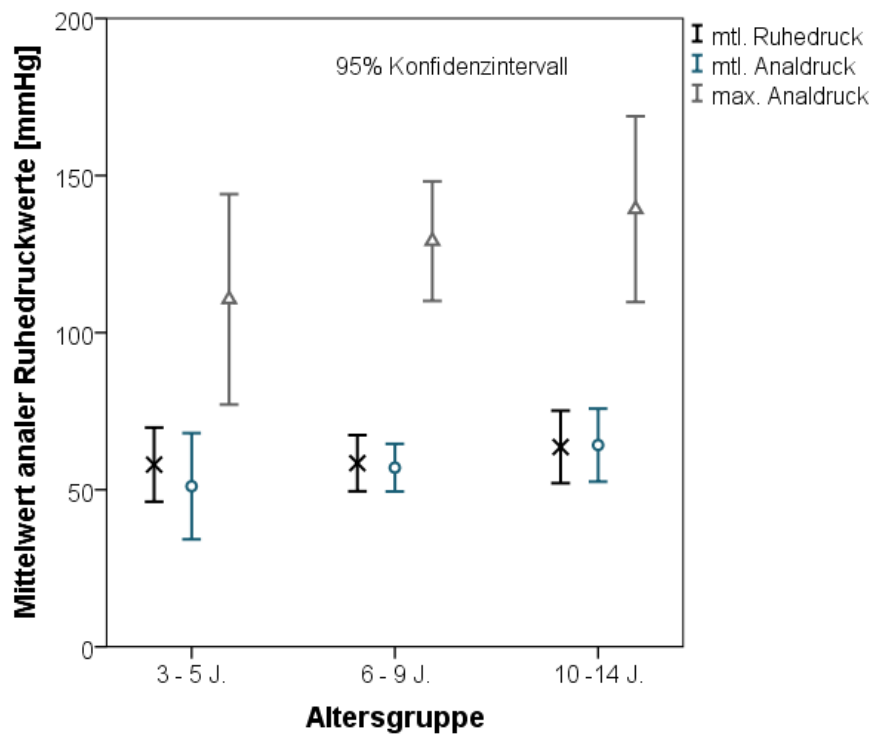


Abbildung 18. Vergleich der Ruhedruckwerte verschiedener Messtechniken stationärer Messtechnik (Kreuz), Durchzugstechnik (Kreis: mittlerer Analdruck; Dreieck: maximaler Analdruck)

Der Vergleich der beiden Ruhedruck-Messtechniken ergab eine gute Übereinstimmung des in Durchzugstechnik ermittelten, mittleren Analdrucks mit dem mittleren Ruhedruck der stationären Messtechnik. Dies wird in Abbildung 18 verdeutlicht. Es lag eine positive Korrelation der beiden Parameter vor ( $r = 0,546$   $p < 0,05$ ). Im Gegensatz dazu wiesen die Parameter mittlerer Ruhedruck (stationäre Messtechnik) und maximaler Analdruck (Ruhedurchzug) keine statistisch signifikante Korrelation auf ( $r = 0,195$   $p = 0,255$ ).

## 3.1.3 Kneifdruck

Die Kneifdruckmessung wurde von  $n = 42$  Kindern (58 %) durchgeführt. Kein Kind der Altersgruppe eins, ein Kind der Altersgruppe zwei (6 %), elf Kinder der Altersgruppe drei (69 %) sowie alle Kinder der Altersgruppen vier und fünf konnten die Aufforderung korrekt umsetzen. Zur Auswertung wurde der beste Kneifversuch herangezogen und die Parameter „mittlerer maximaler Kneifdruck“ (mtl.max.KD), „mittlerer relativer Kneifdruck“

(mtl.rel.KD) und „absolut maximaler Kneifdruck“ (abs.max.KD) berechnet (vgl. Kapitel 2.3.3).

Der mtl.max.KD umfasst einen Wertebereich von 71 mmHg bis 349 mmHg um einen Mittelwert von  $M = 185,64$  mmHg ( $SD = 69,52$ ;  $a = 0,557$ ;  $\omega = -0,096$ ;  $SEM = 10,727$ ). Der mittlere relative Kneifdruck lag im Mittel bei  $M = 130,48$  mmHg ( $SD = 65,68$ ,  $a = 0,652$ ;  $\omega = 0,385$ ;  $SEM = 10,134$ ). Kurtosis, Schiefe und Shapiro-Wilk Tests deuten auf eine Normalverteilung der beiden Parameter hin (mtl.max.KD  $p = 0,213$ ; mtl.rel.KD  $p = 0,164$ ). Der punktuell gemessene Maximalwert, abs.max.KD, lag mit  $M = 236,81$  mmHg deutlich über dem zirkulär gemittelten mtl.max.KD. Dieser Parameter wies zudem die größte Standardabweichung auf ( $SD = 94,5$ ;  $a = 0,911$ ;  $\omega = 0,636$ ) (siehe Tabelle 9), was insbesondere in der Altersgruppe der sechs bis neun Jährigen auffiel. Der abs.max.KD ist nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test  $p = 0,022$ ). Tabellen 7 und 8 sowie Abbildung 19 geben eine Übersicht über die Ergebnisse der Kneifdruckwerte getrennt nach Altersgruppen.

Tabelle 7. Ergebnisse des mittleren relativen Kneifdrucks [mmHg]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.2	1	62,00	-	-	-	-	-	62	-	-
Gr.3	11	109,64	63,56	66,74	152,53	18	206	124	43,00	144,00
Gr.4	20	143,25	72,37	109,38	177,12	57	301	130	87,00	187,25
Gr.5	10	134,70	51,29	98,01	171,39	65	217	145	85,25	167,00
Gesamt	42	130,48	65,68	110,01	150,94	18	301	128	81,50	157,25

Tabelle 8. Ergebnisse des mittleren maximalen Kneifdrucks [mmHg]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.2	1	121,00	-	-	-	-	-	121	-	-
Gr.3	11	155,91	60,61	115,19	196,63	71	254	165	90,00	188,00
Gr.4	20	197,60	74,90	162,55	232,65	106	349	184	133,00	238,75
Gr.5	10	200,90	63,02	155,82	245,98	109	292	207	141,25	246,75
Gesamt	42	185,64	69,52	163,98	207,31	71	349	179	124,00	227,25

Tabelle 9. Ergebnisse des absolut-maximalen Kneifdrucks [mmHg]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.2	1	182,00	-	-	-	-	-	182,0	-	-
Gr.3	11	204,18	76,42	152,84	255,52	102	329	2260	126,00	261,00
Gr.4	20	252,95	107,43	202,67	303,23	115	510	225,5	178,25	326,25
Gr.5	10	245,90	86,71	183,87	307,93	126	401	235,0	167,75	322,75
Gesamt	42	236,81	94,50	207,36	266,26	102	510	228,5	168,25	288,25



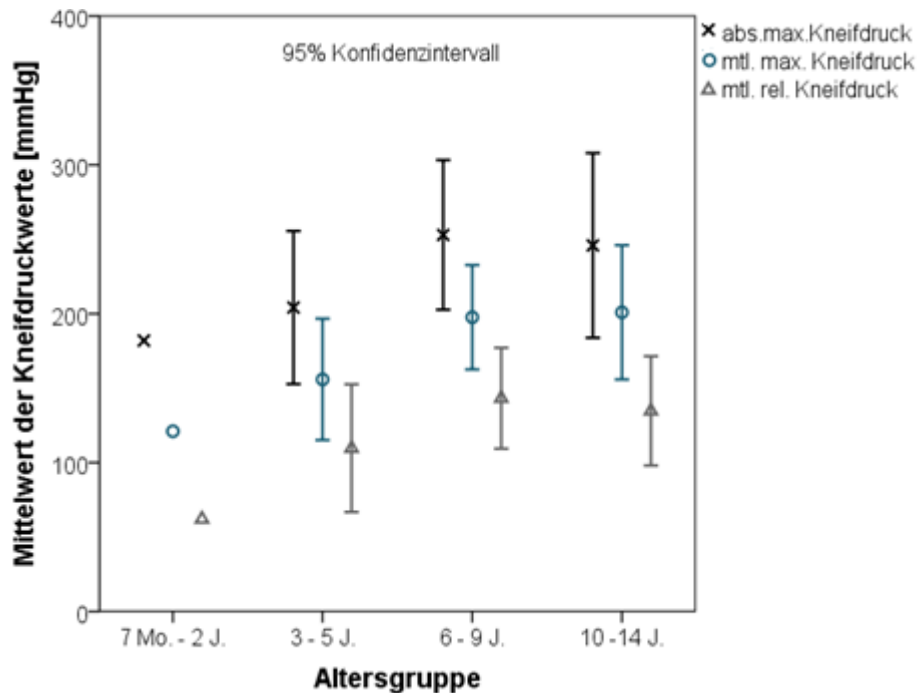


Abbildung 19. Vergleich der Kneifdruckparameter in den einzelnen Altersgruppen

Durchgeführte Varianzanalysen zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Alter und Höhe des mtl.max.KD ( $F(3,41) = 1,35$ ,  $p = 0,273$ ) beziehungsweise des mtl.rel.KD ( $F(3,41) = 0,997$ ,  $p = 0,405$ ) fielen nicht signifikant aus. Gleiches galt für den abs.max.KD, bei dem der Effekt des Alters aufgrund der fehlenden Normalverteilungsannahme, mittels Kruskal-Wallis-Test untersucht wurde ( $H(3)=1,627$ ,  $p = 0,653$ ). Es ist daher davon auszugehen, dass das Alter keinen Effekt auf die Höhe der Kneifdruckwerte hat.

Der mittlere maximale Kneifdruck der weiblichen Probanden ( $n = 19$ ; 45 %) lag mit einem Mittelwert von  $M = 175,68$  mmHg ( $SD = 66,86$ ) rein deskriptiv unter dem der männlichen Probanden ( $n = 23$ ; 55 %) mit Mittelwert von  $M = 193,87$  mmHg ( $SD = 72,06$ ). Sowohl bei der Betrachtung der gesamten Stichprobe, als auch in den einzelnen Altersgruppen, lagen die Kneifdruckwerte der männlichen Studienteilnehmer über denen der weiblichen. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 20 verdeutlicht.

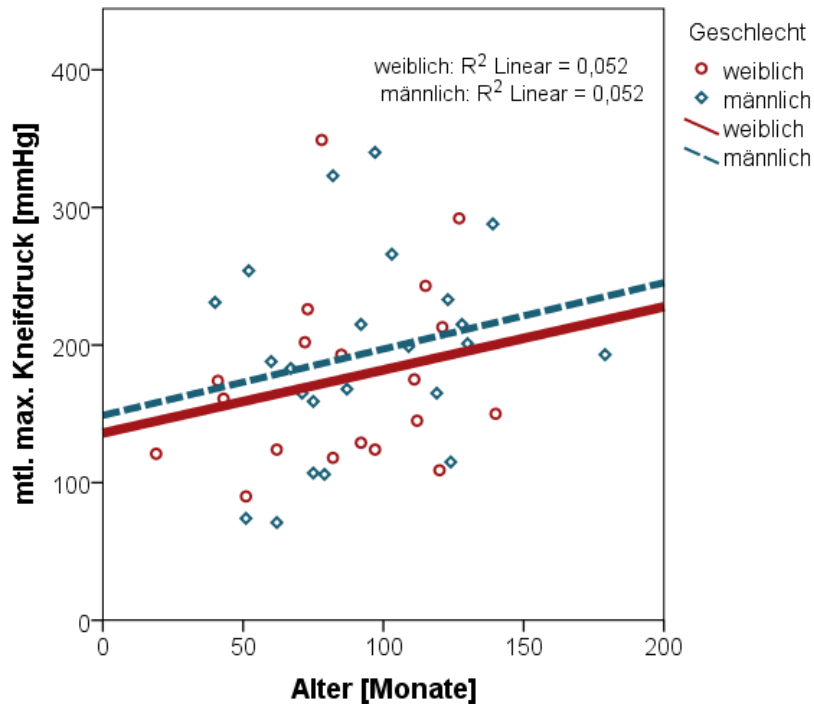


Abbildung 20. Korrelation von mittlerem maximalem Kneifdruck und Alter getrennt nach Geschlecht

Ein statistisch signifikanter Effekt des Geschlechts konnte mit Hilfe des t-Test weder für den mtl.max.KD ( $t(40) = -0,84$ ,  $p = 0,405$ ) noch für den mtl.rel.KD ( $t(40) = -0,59$ ,  $p = 0,561$ ) nachgewiesen werden. Für der abs.max.KD ließ sich dieser Effekt anhand eines durchgeführten Mann-Whitney-U-Tests ebenfalls nicht belegen ( $U(19,23) = -0,10$ ,  $p = 0,919$ ). Tabelle 10 gibt die Ergebnisse der Kneifdruckmessung nach Geschlecht getrennt wieder.

Tabelle 10. Ergebnisse der Kneifdruckmessung [mmHg] der weiblichen und männlichen Probanden

Geschlecht	n	abs.max.KD		mtl.rel.KD		mtl.max.KD	
		M	SD	M	SD	M	SD
weiblich	19	241,47	104,64	123,89	65,36	175,68	66,86
männlich	23	232,96	87,46	135,91	66,90	193,87	72,06
Gesamt	42	236,81	94,50	130,48	65,68	185,64	69,52

#### *Zusammenhang von Ruhedruck und Kneifdruck*

Mittlerer Ruhedruck und mittlerer maximaler Kneifdruck weisen eine positive Korrelation auf ( $r = 0,422$ ,  $p = 0,005$ ). Gleiches gilt für mRD und abs.max.KD ( $r = 0,353$ ,  $p = 0,022$ ). Hingegen zeigten mRD und mtl.rel.KD keine positive Korrelation ( $r = 0,212$ ,  $p = 0,178$ ).

## 3.1.4 Dauerkontraktion

Das Dauerkneifen konnte frühestens ab einem Alter von drei Jahren durchgeführt werden. Auch in diesen Altersgruppen war es den Kindern häufig nicht möglich die Kontraktion für mindestens zehn Sekunden aufrecht zu erhalten, was für die Berechnung der einzelnen Parameter notwendig ist. Dreißig Kinder (41 %) führten den Test durch, wovon nur  $n = 12$  (40 %) Untersuchungen korrekt ausgeführt wurden. Vierzehn Kinder (47 %) konnten die Aufforderungen nur mangelhaft umsetzen, was zur Aufzeichnungen zackenförmige Muster oder vorzeitigen Ermüdung führte. Bei vier Kinder (13 %) zeigten sich fehlerhafte Kneifmessungen, bei denen negative Werte für den mittleren Kneifdruck oder die Fläche unter der Kurve vorlagen. Tabelle 11 gibt eine Übersicht wie sich die Fähigkeit zur Durchführung des Dauerkneiftests in den einzelnen Altersgruppen verhielt. Der Anteil der korrekten Tests nahm von Gruppe drei bis fünf zu.

Tabelle 11 Fähigkeit zur Durchführung des Dauerkneiftests

Altersgruppe	Test durchgeführt	korrekt	mangelhaft	fehlerhaft
Gr. 1 & 2 (0 - 3 J)	0 / 27	-	-	-
Gr.3 (3 - 6 J)	4 / 16 (25 %)	$n = 1$ (25 %)	$n = 3$ (75 %)	$n = 0$
Gr.4 (6 - 10 J)	16 / 20 (80 %)	$n = 4$ (25 %)	$n = 8$ (50 %)	$n = 4$ (25 %)
Gr.5 (> 10 J)	10 / 10 (100 %)	$n = 7$ (77,8 %)	$n = 3$ (30 %)	$n = 0$
Gesamt	30 / 73 (41,1 %)	$n = 12$ (40 %)	$n = 14$ (46,7 %)	$n = 4$ (13,3 %)

Für die Berechnung der Normwerte wurden die Messungen, die durch den Untersucher als fehlerhaft durchgeführt beurteilt wurden, ausgeschlossen. Aus den restlichen Untersuchungen ( $n = 26$ ; 87 % der ausgeführten Untersuchungen) wurden die Parameter mittlerer (mtl.DKD), relativer (rel.DKD) und maximaler Dauerkneifdruck (max.DKD), Ermüdungsneigung und Fläche unter der Kurve (FUK) berechnet.

Die Ergebnisse der Druckwerte sind den Tabellen 12 bis 14 zu entnehmen. Der maximale Kneifdruck der Dauerkontraktion lag im Mittel bei  $M = 239,38$  mmHg ( $SD = 86,05$ ;  $a = 0,570$ ;  $\omega = 0,044$ ;  $SEM = 16,876$ ). Der relative Kneifdruck aller Messungen lag bei einem Mittelwert von  $M = 175,96$  mmHg ( $SD = 81,53$ ;  $a = 0,946$ ;  $\omega = 0,997$ ;  $SEM = 15,9596$ ), der mittlere Dauerkneifdruck bei  $M = 56,35$  mmHg ( $SD = 35,46$ ;  $a = 0,577$ ;  $\omega = -0,535$ ;  $SEM = 6,954$ ). Der Shapiro-Wilk Test weist auf eine Normalverteilung der Parameter hin (rel.DKD  $p = 0,141$ ; max.DKD  $p = 0,248$ ; mtl.DKD  $p = 0,547$ ).

Um den Zusammenhang zwischen Alter und Höhe des maximalen, relativen und mittleren Dauerkneifdrucks zu prüfen, wurden ANOVAS ausgeführt, die nicht signifikant ausfielen

(max. DKD:  $F(2; 25) = 0,489$ ,  $p = 0,620$  / rel.DKD:  $F(2; 25) = 0,255$ ,  $p = 0,777$  / mtl.DKD:  $F(2; 25) = 0,302$ ,  $p = 0,742$ ). Dies spricht dafür, dass mittlerer und maximaler Analdruck unabhängig vom Alter sind. Ein durchgeführter T-Test ergab keinen signifikanten Unterschied der drei Parameter der Dauerkneifdruckmessung zwischen weiblichen und männlichen Studienteilnehmern (max.DKD:  $t(24) = 0,13$ ,  $p = 0,901$ / rel.DKD:  $t(24) = 0,15$ ,  $p = 0,882$ / mtl.DKD:  $t(24) = -1,36$ ,  $p = 0,185$ ).

Ein Vergleich des mittleren maximalen Drucks der Dauerkneifdruckmessung mit dem maximalen Druck der einfachen Kneifdruckmessung zeigt rein deskriptiv höhere Werte für das Dauerkneifen. Die beiden Werte zeigten eine positive Korrelation ( $r = 0,700$ ,  $p = 0,000$ ).

Tabelle 12. Ergebnisse des maximalen Dauerkneifdrucks [mmHg]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	4	204,00	41,24	138,38	269,62	159	240	208,5	164,75	239,5
Gr.4	12	253,67	80,63	202,44	304,90	104	343	262,0	195,75	331,0
Gr.5	10	236,40	105,91	160,64	312,17	116	460	199,0	161,00	313,0
weiblich	11	241,91	108,44	169,06	314,76	104	460	221,0	152,00	328,0
männlich	15	237,53	69,38	199,11	275,96	116	343	238,0	179,00	303,0
Gesamt	26	239,38	86,05	204,63	274,14	104	460	229,5	169,25	313,75

Tabelle 13. Ergebnisse des relativen Dauerkneifdrucks [mmHg]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	4	151,5	43,52	82,26	220,74	96	199	155,5	107,75	191,25
Gr.4	12	185,83	78,99	135,65	236,02	52	284	185,5	127,75	258,75
Gr.5	10	173,90	99,03	103,06	224,74	90	408	125,0	113,25	229,75
weiblich	11	178,82	109,55	105,22	252,41	52	408	124,0	96,00	265,00
männlich	15	173,87	57,33	142,12	205,62	90	284	168,0	132,00	218,00
Gesamt	26	175,96	81,53	143,03	208,89	52	408	155,5	115,00	245,25

Tabelle 14. Ergebnisse des mittleren Dauerkneifdrucks [mmHg]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	4	50,25	37,4	-9,27	109,77	12	96	46,5	16,25	88,00
Gr.4	12	62,33	35,18	39,98	84,69	3	132	62,5	37,75	83,50
Gr.5	10	51,60	37,74	24,60	78,60	13	119	38,5	28,00	83,75
weiblich	11	45,45	33,25	23,12	67,79	3	113	32,0	25,00	67,00
männlich	15	64,33	35,97	44,41	84,25	12	132	62,0	39,00	96,00
Gesamt	26	56,35	35,46	42,02	70,67	3	132	47,0	31,25	77,25

*Fläche unter der Kurve und Ermüdungsneigung*

Die Messergebnisse für die Parameter Fläche unter der Kurve und Ermüdungsneigung sind den Tabellen 15 und 16 zu entnehmen.

Tabelle 15. Ergebnisse für die Fläche unter der Kurve [mmHg·s]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	4	494,75	438,26	-202,62	1192,12	121	1025	416,5	128	939,75
Gr.4	12	697,75	391,69	448,88	946,62	34	1411	695,0	404	935,75
Gr.5	10	555,70	402,51	267,76	843,64	150	1279	410,0	303	895,00
weiblich	11	474,73	365,31	229,31	720,14	34	1210	357,0	150	721,00
männlich	15	712,47	396,75	492,75	932,18	121	1411	684,0	421	1025,00
Gesamt	26	611,88	394,81	452,42	771,35	34	1411	507,0	327	933,25

Tabelle 16. Ergebnisse für die Ermüdungsneigung [mmHg/s]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	4	0,01	7,20	-11,46	11,47	-9,41	6,47	1,48	-7,50	6,03
Gr.4	12	-3,24	4,05	-5,81	-00,67	-11,04	4,58	-2,80	-4,79	-1,03
Gr.5	10	-2,12	5,46	-6,03	1,79	-6,82	12,35	-3,48	-5,38	-1,20
weiblich	11	-2,19	5,46	-5,85	1,48	-9,41	12,35	-2,96	-5,10	-0,68
männlich	15	-2,40	4,92	-5,12	0,33	-11,04	6,47	-2,56	-5,21	-0,43
Gesamt	26	-2,31	5,05	-4,35	-0,27	-11,04	12,35	-2,81	-5,13	-0,62

Die Fläche unter der Kurve betrug im Mittel  $M = 611,88$  mmHg·s ( $SD = 394,81$ ;  $\alpha = 0,475$ ;  $\omega = -0,803$ ;  $SEM = 77,429$ ; Shapiro-Wilk  $p = 0,400$ ) und wies mit einem Bereich von 34 mmHg·s bis 1411 mmHg·s eine große Spannweite von 1377 mmHg·s auf. Tests auf Normalverteilung, Kurtosis und Schiefe weisen auf eine Normalverteilung hin.

Der Vergleich der FUK zwischen den Altersgruppen und der Werte der weiblichen und männlichen Probanden zeigte keine signifikanten Unterschiede (ANOVA  $F(2,25) = 0,540$ ,  $p = 0,590$ ;  $t(24) = -1,56$ ,  $p = 0,132$ ).

Die Ermüdungsneigung lag im Mittel bei  $M = -2,31$  mmHg/s ( $SD = 5,05$ ;  $\alpha = 0,993$ ;  $\omega = 1,965$ ;  $SEM = 0,9898$ ; Shapiro-Wilk  $p = 0,011$ ) und war nicht normalverteilt. Auch hier konnte anhand eines durchgeführten Kruskal-Wallis-Tests kein signifikanter Zusammenhang der Ermüdungsneigung mit dem Alter ( $H(2) = 1,283$ ,  $p = 0,526$ ) und mittels Mann-Whitney-U-Test ( $U(11,15) = -0,234$ ,  $p = 0,815$ ) kein Zusammenhang mit dem Geschlecht nachgewiesen werden.

Trotz relativ guter Übereinstimmung der Ergebnisse der einzelnen Altersgruppen, war eine starke Abhängigkeit von der Mitarbeit der Patienten zu bemerken (vgl. Kapitel 4.2.2.3 Dauerkneifen). Besonders deutlich ist dieser Effekt bei der Fläche unter der Kurve und dem

mittleren Dauerkneifdruck zu sehen. Durchgeführte t-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied der FUK zwischen fehlerhafter und korrekter Testdurchführung ( $t(14) = 3,29$ ,  $p = 0,005$ ) sowie zwischen fehlerhafter und mangelhafter Durchführung ( $t(16) = 3,29$ ,  $p = 0,005$ ). Ebenso war dies bei dem mtl.DKD zwischen fehlerhaften und korrekten ( $t(14) = 3,54$ ,  $p = 0,003$ ) sowie zwischen fehlerhaften und mangelhaften Messungen ( $t(16) = 3,27$ ,  $p = 0,005$ ) zu verzeichnen.

### 3.1.5 Pressdruck

$N = 39$  Kinder (53 %) konnten den Pressversuch durchführen (Gr.3  $n = 10$ ; Gr.4  $n = 19$ ; Gr.5  $n = 10$ ). In 59 % der Fälle ( $n = 23$ ) bewertete der Untersucher die rektalen und analen Druckänderungen während des Pressens als normal. Die restlichen 41 % der Kinder ( $n = 16$ ) zeigten paradoxe anale Kontraktionen. Neben dieser visuellen Beurteilung wurden die Parameter „mittlerer minimaler analer Pressdruck“ (mtl.min.PD), „maximaler analer Druckabfall“ und „prozentualer analer Druckabfall“ des besten Versuchs ausgewertet. Vor der Auswertung wurden Kinder mit paradoxen analen Kontraktionen ausgeschlossen.

#### *Minimaler analer Druck und maximaler analer Druckabfall*

Während des Pressversuchs fiel der anale Druck bei korrekter Durchführung im Mittel ausgehend vom Ruhedruck von  $M = 54,13$  mmHg auf  $M = 20,09$  mmHg ab ( $a = 0,873$ ;  $\omega = 0,806$ ;  $SEM = 2,415$ ) und damit im Schnitt um  $M = 34,04$  mmHg ( $a = 0,642$ ;  $\omega = -0,616$ ;  $SEM = 3,003$ ). Die Ergebnisse getrennt nach Altersgruppe und Geschlecht sind in den Tabellen 17 und 18.

Tabelle 17. Ergebnisse für den mittleren minimalen Druck [mmHg] während des Pressversuchs

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	8	20,13	13,59	8,76	31,49	5	45	14	12,00	32,25
Gr.4	11	19,36	12,27	11,12	27,60	1	48	19	10,00	26,00
Gr.5	4	22,00	6,68	11,37	32,63	16	30	21	16,25	28,75
weiblich	12	20,08	9,28	14,19	25,98	1	35	20,5	15,50	25,75
männlich	11	20,09	14,16	10,58	29,60	5	48	15	12,00	27,00
Gesamt	23	20,09	11,58	15,08	25,10	1	48	18	12,00	26,00

Anmerkung: Auswertung der Probanden ohne paradoxe Kontraktionen

Tabelle 18. Ergebnisse für den maximalen analen Druckabfall [mmHg] während des Pressversuchs

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	8	42,25	15,00	29,71	54,79	20	65	40	31,75	56,00
Gr.4	11	28,45	11,83	20,51	36,40	16	55	25	20,00	34,00
Gr.5	4	33,00	15,30	8,66	57,34	16	52	32	18,75	48,25
weiblich	12	32,75	14,49	23,55	41,95	16	55	29	18,50	48,50
männlich	11	35,45	14,88	25,46	45,45	20	65	34	24,00	45,00
Gesamt	23	34,04	14,40	27,82	40,27	16	65	31	23,00	45,00

Anmerkung: Auswertung der Probanden ohne paradoxe Kontraktionen

Der minimale Pressdruck ist nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk-Test  $p = 0,035$ ). Alter (Kruskal-Wallis-Test  $H(2) = 0,75$ ,  $p = 0,689$ ) und Geschlecht (Mann-Whitney-U-Test  $U(12,11) = 0,83$ ,  $p = 0,406$ ) hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe des mtl.min.PD. Bezüglich des maximalen analen Druckabfalls, der sich als Normalverteilt darstellte (Shapiro-Wilk  $p = 0,152$ ), konnte ebenfalls sowohl zwischen den Altersgruppen (ANOVA ( $F(2,22) = 2,412$   $p = 0,115$ )) als auch zwischen den Geschlechtern (t-Test  $t(21) = -0,44$ ,  $p = 0,663$ ) kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

#### *Prozentualer analer Druckabfall beim Pressversuch*

Der prozentuale anale Druckabfall ausgehend vom Ruhedruck aller Pressdruck-Messungen ( $n = 39$ ) lag im Mittel bei  $M = 50,18$  % in einem Bereich von 4 % bis 90 % ( $SD = 26,24$ ;  $a = -0,245$ ;  $\omega = -1,103$ ;  $SEM = 4,201$ ). Betrachtet man nur die Probanden ohne paradoxe anale Kontraktionen ( $n = 23$ ; 59 %), so lag der Druckabfall im Mittel bei  $M = 62,17$  % ( $SD = 18,91$ ;  $a = 0,293$ ;  $\omega = -1,093$ ;  $SEM = 3,944$ ), die der Patienten mit analen Kontraktionen ( $n = 16$ ; 41 %) bei  $M = 32,94$  % ( $SD = 26,1$ ).

In der Folgenden Auswertung werden nur unauffällige Pressversuche ausgewertet. Bei dem Parameter prozentualer analer Druckabfall sprechen Schiefe und Shapiro-Wilk-Test ( $p = 0,229$ ) für eine Normalverteilung. Im Alter von drei bis fünf Jahren erreichten die Kinder, mit einem Druckabfall von  $M = 68,63$  % rein deskriptiv höhere Werte als in den Altersgruppen vier ( $M = 59,09$  %) und fünf ( $M = 57,75$  %). Der Zusammenhang von Druckabfall und Alter erwies sich jedoch nicht als statistisch signifikant (ANOVA  $F(2,22) = 0,701$   $p = 0,508$ ). Weibliche und männliche Probanden zeigten keinen statistisch signifikant unterschiedlichen Druckabfall (t-Test  $t(21) = -0,63$ ,  $p = 0,533$ ).

Tabelle 19. Ergebnisse des prozentualen analen Druckabfalls während des Pressversuchs

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	8	68,63	15,41	52,42	84,83	31	90	73,5	54,25	82,5
Gr.4	11	59,09	18,55	46,12	72,06	30	88	55,0	44,00	78,0
Gr.5	4	57,75	22,19	28,72	86,78	32	75	62,0	39,25	72,0
weiblich	12	59,75	17,81	48,43	71,07	32	88	58,0	45,25	74,0
männlich	11	64,82	20,57	51,00	78,64	30	90	73,0	47,00	81,0
Gesamt	23	62,17	19,60	54,00	70,35	30	90	63,0	47,00	78,0

Anmerkung: Auswertung der Probanden ohne paradoxe Kontraktionen

Das Vorliegen paradoxer Reaktionen war mit einem geringeren analen Druckabfall assoziiert. Es besteht eine negative Korrelation zwischen dem Vorhandensein paradoxer Kontraktionen und dem max. analen Druckabfall ( $r = -0,403$ ;  $p = 0,011$ ), ebenso wie zwischen dem Vorhandensein paradoxer Kontraktionen und dem analem Druckabfall ( $r = -0,555$ ;  $p = 0,000$ ). Visuelle Beurteilung und gemessene Parameter zeigen somit eine gute Übereinstimmung.

Zwischen den beiden Gruppen mit und ohne paradoxen Kontraktionen kann ein signifikanter Unterschied für alle drei gemessenen Parameter gezeigt werden (min. analer PD (t-Test  $t(37) = -3,751$ ,  $p = 0,003$  / max. analer Druckabfall  $t(37) = 2,682$ ;  $p = 0,011$  / proz. analer Druckabfall  $t(37) = 4,062$ ,  $p = 0,000$ ). Abbildung 21 verdeutlicht den Zusammenhang der analen Pressdruckwerte und dem Vorhandensein paradoxer analer Kontraktionen.

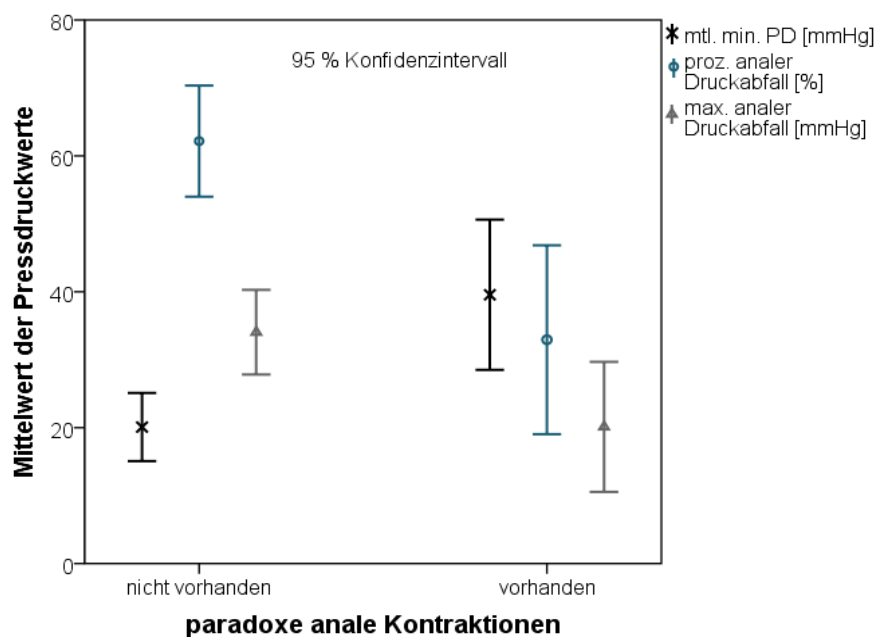


Abbildung 21. Ergebnisse der Pressdruckmessung bezogen auf das Vorhandensein paradoxer analer Kontraktionen



*Art der paradoxen Kontraktionen*

$N = 16$  (41 %) der 39 Studienteilnehmer zeigten paradoxe anale Kontraktionen während des Pressversuches. Nach der Einteilung von Rao (vgl. 3.3.5) ließen sich diese in  $n = 12$  Typ I (75 %),  $n = 2$  Typ II (12,5 %) und  $n = 2$  Typ III (12,5 %) Reaktionen unterteilen. Unter den männlichen Teilnehmern (52 %,  $n = 12$ ) traten paradoxe Kontraktionen häufiger auf als unter den weiblichen Teilnehmern (25 %,  $n = 4$ ).

Wie in Abbildung 22 zu sehen ist, nahm der Anteil der Kinder mit paradoxen Reaktionen von Altersgruppe drei bis fünf zu. Während nur 20 % ( $n = 2$ ) der in der Gruppe der drei bis fünf jährigen dyssynerge Muster aufwiesen, traf dies auf 42 % ( $n = 8$ ) der sechs bis neun Jährigen und auf 60 % ( $n = 6$ ) der über zehn Jährigen zu.

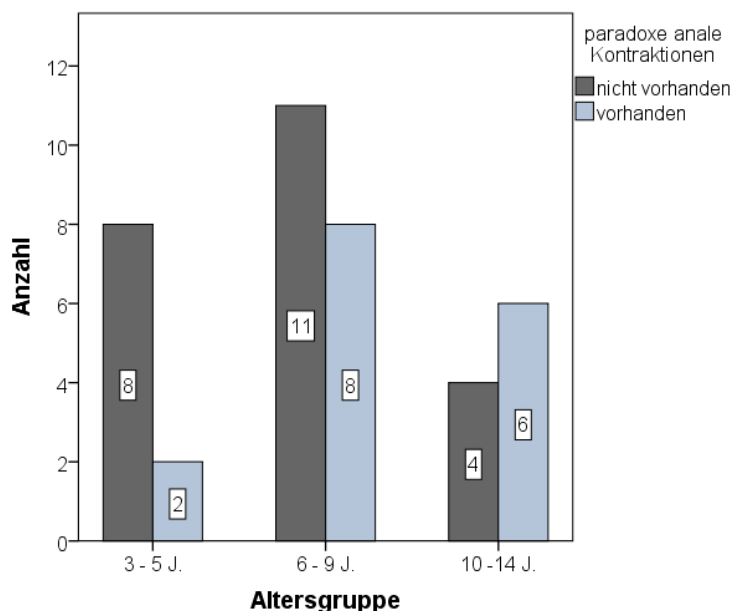


Abbildung 22. Häufigkeit paradoxer analer Kontraktionen nach Alter

## 3.1.6 Rektoanaler Inhibitionsreflex

Bei  $n = 56$  (77 %) Messungen konnte der rektoanale Inhibitionsreflex untersucht werden. Die  $n = 17$  (23 %) fehlenden Messungen sind auf Ablehnung des Probanden, starken Stuhldrang während der Messung oder Abbruch der Untersuchung aufgrund von Gegenwehr der Kinder zurückzuführen. Bei der digitalen rektalen Untersuchung wurde vor der Manometrieuntersuchung die Füllung der Rektumampulle überprüft, da dies möglicherweise einen Einfluss auf die Messung des RAIR hat [14]. Von den drei Kindern mit starker Stuhlfüllung wurde nur bei einem der RAIR untersucht, der sich hierbei als nicht auslösbar erwies.

Im Mittel aller getesteten RAIR ( $n = 56$ ) ergab sich eine Relaxation des M. sphincter ani internus von  $M = 60,39\%$  ( $SD = 20,55\%$ ,  $a = -0,380$ ;  $\omega = -0,396$ ). Die Teilnehmer, bei denen der RAIR durch den Untersucher als vorhanden bewertet wurde ( $n = 42$ ;  $75\%$ ), erreichten eine durchschnittliche Relaxation von  $64,0\%$  ( $SD = 17,57$ ;  $a = -0,401$ ;  $\omega = 0,571$ ). Hier kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden (Shapiro-Wilk Test  $p = 0,555$ ). Bei Probanden ohne visuell nachweisbarer Reflexantwort ( $n = 14$ ;  $25\%$ ) lag eine niedrigere Relaxation von  $49,57\%$  ( $SD = 25,37$ ,  $a = 0,333$ ;  $\omega = -1,384$ ) vor. Ein Vergleich der prozentualen Relaxation zwischen der Gruppe mit und ohne visuell nachweisbarer Reflexantwort fiel signifikant aus (t-Test  $t(54) = -2,37$ ,  $p = 0,021$ ). Dieser Unterschied wird in Abbildung 23 verdeutlicht.

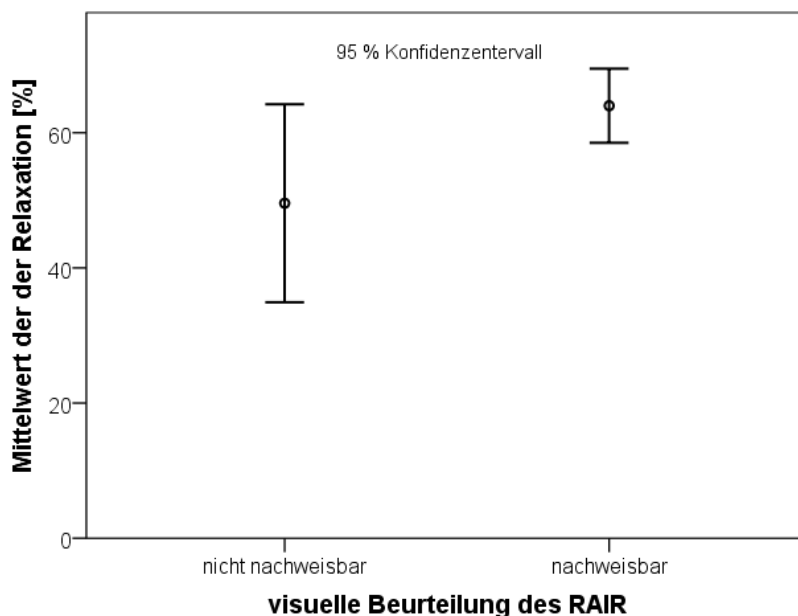


Abbildung 23. Anale Relaxation (RAIR) bezogen auf die visuelle Beurteilung

Im Folgenden werden nur die Messungen mit visuell vorhandenem rektoanalen Inhibitionsreflex ausgewertet. Es lag kein signifikanter Effekt des Alters (ANOVA  $F(4,55) = 0,281$ ,  $p = 0,889$ ) und des Geschlechts (t-Test  $t(54) = 0,28$ ,  $p = 0,778$ ) auf die prozentuale Relaxation aller untersuchten Probanden vor. Ebenso ergab sich unter den Teilnehmern mit visuell vorhandenem RAIR ( $n = 42$ ;  $75\%$ ) kein signifikanter Unterschied der prozentualen Relaxation zwischen Altersgruppen (ANOVA  $F(4,41) = 0,564$ ,  $p = 0,690$ ) oder zwischen männlichen ( $n = 23$ ;  $55\%$ ) und weiblichen ( $n = 19$ ;  $45\%$ ) Probanden (t-Test  $t(40) = -0,5$ ,  $p = 0,959$ ). Tabelle 20 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der analen Relaxation der Probanden mit nachweisbarer Reflexantwort.

Tabelle 20. Ergebnisse der Relaxation [%] während des RAIR

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.1	7	71,14	17,20	55,24	87,05	53	100	67,0	56,00	89,00
Gr.2	8	63,75	23,05	44,48	83,02	25	97	67,0	48,00	82,50
Gr.3	10	60,40	19,05	46,77	74,03	18	84	65,5	48,00	72,75
Gr.4	10	62,20	18,35	49,08	75,32	34	92	62,0	48,25	73,50
Gr.5	7	67,71	12,78	55,90	79,53	51	90	66,0	59,00	76,00
weiblich	19	63,84	14,39	56,91	70,78	25	86	66,0	59,00	72,00
männlich	23	64,13	20,16	55,41	72,85	18	100	65,0	52,00	76,00
Gesamt	42	64,00	17,58	58,52	69,48	18	100	65,5	52,75	72,75

Anmerkung: Auswertung ausschließlich der Untersuchungen mit visuell vorhandenem RAIR

### Untersuchervergleich

Die Druckkurven des RAIR wurden unabhängig vom Untersucher von einem weiteren Arzt der Klinik für Kinderchirurgie im Nachhinein beurteilt. Dabei wurde von den  $n = 56$  Untersuchungen der Inhibitionsreflex übereinstimmend bei  $n = 14$  (25 %) Untersuchungen als nicht vorhanden und bei  $n = 42$  (75 %) Untersuchungen als sicher vorhanden gewertet. Eine Diskrepanz zeigte sich bei  $n = 2$  (4 %) Kindern. Damit lag eine Übereinstimmung von 96,4 % und als statistisches Maß für die Interrater Reliabilität ein Kappa-Wert von 0,900 vor.

### Vergleich der visuellen Beurteilung mit Software

Laut MMS®-Herstellerschulung ist der Reflex ab einer Relaxation von 60 % als positiv zu werten. Diesen Schwellenwert erreichten 61 % ( $n = 34$ ) aller Probanden. Das Urteil der beiden Ärzte stimmte in  $n = 36$  der 56 Fälle (64 %) mit den Berechnungen des Softwareprogramms überein. Bei sechs Kindern (11 %) lag ein Relaxationswert über 60 % vor, obwohl der Untersucher keine eindeutige Relaxation erkennen konnte. Bei  $n = 14$  (25 %) Kindern war laut Untersucher eine Relaxation trotz eines Relaxationswertes unter 60 %, vorhanden. Hieraus ergibt sich eine Sensitivität von 67 % und einer Spezifität von 58 %. Als Maß für die Übereinstimmung von Software und Untersucher wurde Kappa mit  $\kappa = 0,200$  bestimmt.

Der Schwellenwert sollte bei jenem Wert gesetzt werden, bei dem Sensitivität und Spezifität zur Erkennung des RAIR ein Maximum bilden. Da der angegebene Schwellenwert von 60 % diese Vorgabe nicht erfüllte, wurde, basierend auf unseren Untersuchungen, mit Hilfe des Youden-Index und einer ROC-Analyse ein neuer Schwellenwert berechnet. Dieser lag bei 46 %. Hierdurch konnte das Vorhandensein des RAIR mit einer Sensitivität von 88,1 % und einer Spezifität von 57 % korrekt erkannt werden. Das Maß der Übereinstimmung zwischen Untersucher und Software lag bei  $\kappa = 0,435$ .

### 3.1.7 Hustentest

Insgesamt führten  $n = 22$  (30 %) Probanden der Altersgruppen drei bis fünf den Hustentest durch. Bei je einem Teilnehmer der Altersgruppen drei und fünf lag der anale Druckanstieg unter der abdominellen Druckzunahme, die durch das Husten erzeugt wurde. Weitere zwei Probanden der Gruppe fünf erreichten nur knapp ein positives Ergebnis. Insgesamt zeigten damit  $n = 20$  (91 %) der Probanden ein unauffälliges Testergebnis.

### 3.1.8 Analprofil

Die Ausführung eines Ruhedurchzugs war bei Kindern frühestens ab einem Alter von drei Jahren möglich. In der Altersgruppe drei wurde bei  $n = 10$  von 16 Kindern (63 %), in Gruppe vier bei  $n = 16$  von 20 Kindern (80 %) und in Gruppe fünf bei allen zehn Kindern ein Ruhedurchzug durchgeführt. Insgesamt lagen  $n = 36$  (49 % der Gesamtstichprobe) Messungen zur Auswertung der Analkanallänge, der Hochdruckzone, des Analdrucks (siehe Kapitel 3.1.2.2) und der Asymmetrie vor.

#### Asymmetrie

In Gruppe vier wurde eine Messung mit überdurchschnittlich hoher Asymmetrie aufgezeichnet, die über zwei Standardabweichungen vom Mittelwert abwich. Da dieser am ehesten auf eine Fehlmessung bedingt ist, wurde er in der folgenden Auswertung ausgeschlossen.

Die Asymmetrie des Analkanals ergab für die Altersgruppen drei bis fünf einen Mittelwert von  $M = 37,42$  % ( $SD = 9,32$ ;  $a = 1,076$ ;  $\omega = 1,972$ ). Es lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk-Tests  $p = 0,030$ ). Die Asymmetrie-Werte für die einzelnen Altersgruppen sind in Tabelle 21 aufgeführt.

Tabelle 21. Ergebnisse der Asymmetrie [%]

Gruppe	$n$	$M$	$SD$	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				$Q1$	$Q3$
Gr.3	10	37,93	9,03	31,47	44,39	24,9	50,3	34,9	31,10	48,35
Gr.4	15	35,95	7,88	31,59	40,31	23,3	51,3	35,1	29,90	42,50
Gr.5	10	39,12	11,97	30,56	47,68	26,7	68,2	38,62	29,93	42,73
weiblich	15	39,55	6,59	35,90	43,20	30,0	51,3	40,4	33,40	45,20
männlich	20	35,83	10,83	30,76	40,89	23,3	68,2	32,4	28,35	41,68
Gesamt	35	37,42	9,32	34,22	40,62	23,3	68,2	35,1	30,80	42,50

Anmerkung: Auswertung nach Ausschluss eines um mehr als 2 SD abweichenden Wertes

Der Vergleich des Mittelwertes der Asymmetrie zwischen den drei Altersgruppen ergab keinen statistisch signifikanten Unterschied (Kruskal-Wallis-Test  $H(2) = 0,137$ ,  $p = 0,934$ ). Weibliche Probanden wiesen im Vergleich zu männlichen Probanden rein deskriptiv bei Betrachtung der gesamten Stichprobe eine größere Asymmetrie auf (vgl. Tabelle 21, Abbildung 24). Dieser Unterschied war jedoch nur in Altersgruppe vier statistisch signifikant (Whitney-Mann-U-Test  $U(8,7) = -2,55$ ,  $p = 0,011$ ), für die Gesamtstichprobe zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied der Asymmetrie zwischen weiblichen und männlichen Teilnehmern (Whitney-Mann-U-Test  $U(15,20) = -1,93$ ,  $p = 0,053$ ).

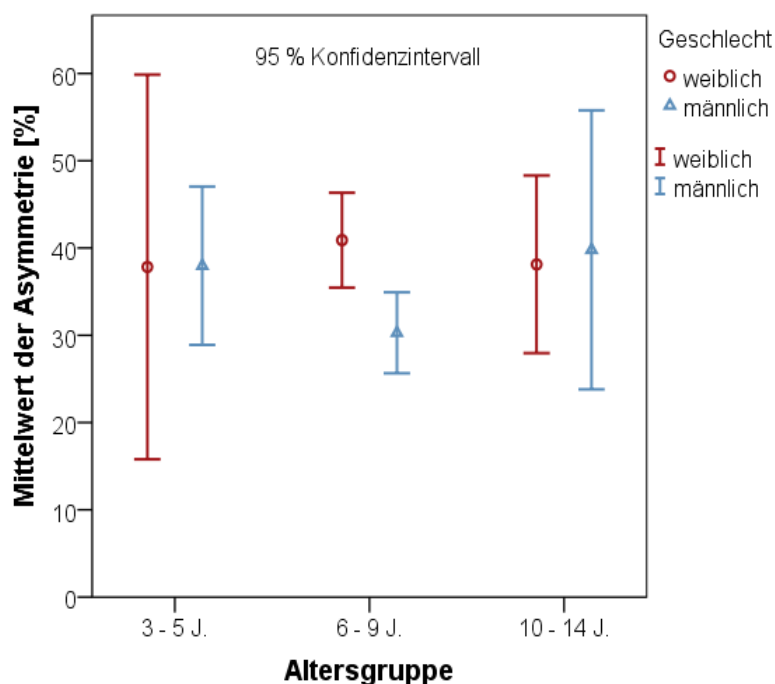


Abbildung 24. Asymmetrie in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

### *Länge des Analkanals und der Hochdruckzone*

Die Länge des Analkanals lag bei den  $n = 36$  (49 %) Untersuchungen im Mittel bei  $M = 40,81$  mm in einem Bereich von 22,2 mm und 70,4 mm ( $SD = 8,58$ ;  $a = 1,08$ ;  $\omega = 3,091$ ). Die Hochdruckzone wies einen Mittelwert von  $M = 18,08$  mm auf ( $SD = 6,46$ ;  $a = 1,054$ ;  $\omega = 2,576$ ). Beide Parameter waren nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk ACL  $p = 0,030$ ; HDZ  $p = 0,029$ ). Es zeigte sich eine positive Korrelation der beiden Werte ACL und HDZ ( $r = 0,628$   $p < 0,001$ ). Die Ergebnisse die in den einzelnen Altersgruppen erzielt wurden, sind in Tabelle 22 und Tabelle 23 zusammengefasst.

Tabelle 22. Ergebnisse für Analkanallänge [mm]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	10	41,34	7,25	36,15	46,53	33,2	55,4	39,60	36,08	47,13
Gr.4	16	40,24	10,08	34,87	45,61	22,2	70,4	38,40	35,55	44,83
Gr.5	10	41,21	7,95	35,52	46,90	29,3	52,5	41,95	34,03	49,23
Gesamt	36	40,81	8,58	37,91	43,72	22,2	70,4	38,75	35,45	45,38

Tabelle 23. Ergebnisse für Länge der Hochdruckzone [mm]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	10	16,96	5,73	12,86	21,06	6,1	24,9	16,8	13,20	23,18
Gr.4	16	18,71	7,16	14,89	22,52	7,5	40,0	17,6	14,03	22,35
Gr.5	10	18,20	6,47	13,57	22,83	11,6	29,6	16,1	12,93	25,25
Gesamt	36	18,08	6,46	15,90	20,27	6,1	40,0	17,45	13,55	22,75

Die Hochdruckzonen machte im Mittel einem Anteil von  $M = 44,25\%$  am gesamten Analkanal ( $SD = 11,96\%$ ;  $a = -0,071$ ;  $\omega = -0,55$ ;  $SEM = 0,07994$ ) aus. Bei den  $n = 16$  (44 %) weiblichen Probanden lag dieser Wert bei  $M = 39,67\%$  ( $SD = 0,086$ ) und bei den  $n = 20$  (56 %) männlichen Probanden bei  $M = 47,92\%$  ( $SD = 13,18$ ) (vgl. Tabelle 24).

Tabelle 24. Ergebnisse für den Anteil der HDZ am gesamten Analkanal [%]

Gruppe	n	M	SD	95 % KI		Min	Max	Median	Quartil	
				Untergrenze	Obergrenze				Q1	Q3
Gr.3	10	41,25	13,59	31,53	50,97	17	63	40,83	32,74	48,63
Gr.4	16	46,08	10,89	40,28	51,88	31	66	44,59	36,63	56,30
Gr.5	10	44,33	12,58	35,34	53,33	23	60	43,30	35,42	57,49
weiblich	16	39,67	8,58	35,10	44,25	29	57	37,03	32,36	43,50
männlich	20	47,92	13,18	41,75	54,09	17	66	48,64	40,13	59,60
Gesamt	36	44,25	11,96	40,21	48,30	17	66	43,31	36,49	56,30

Der Kruskal-Wallis Tests bezüglich der Altersgruppen erbrachte weder einen signifikanten Zusammenhang von Alter und Länge des Analkanals ( $H(2) = 0,276$ ,  $p = 0,871$ ), noch von Alter und Länge der Hochdruckzone ( $H(2) = 0,145$ ,  $p = 0,930$ ). Für den Anteil der Hochdruckzone ergab eine durchgeführte ANOVA ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen den Altersgruppen ( $F(2,35) = 0,487$ ,  $p = 0,619$ ).

Während der durchgeführte Mann-Whitney-U Test keinen Einfluss des Geschlechts auf die absolute Länge des Analkanals zeigte ( $U(16,20) = -0,29$ ,  $p = 0,774$ ), lag ein signifikanter Unterschied zwischen weiblichen und männlichen Probanden bezüglich der Länge der Hochdruckzone ( $U(16,20) = -2,23$ ,  $p = 0,026$ ) und des prozentualen Anteils der Hochdruckzone am Analkanal (t-Test  $t(34) = -2,16$ ,  $p = 0,038$ ) vor.

## 3.1.9 Zusammenfassung der Ergebnisse der Normwertstudie

Mit dem Ziel der Normwerterhebung wurden  $n = 73$  Kinder im Alter von elf Tagen bis 14 Jahren ohne Stuhlentleerungsstörungen oder andere Erkrankungen des Kontinenzorgans mit der Halbleitermanometrie untersucht.

*Normwerte der gesunden Stichprobe*

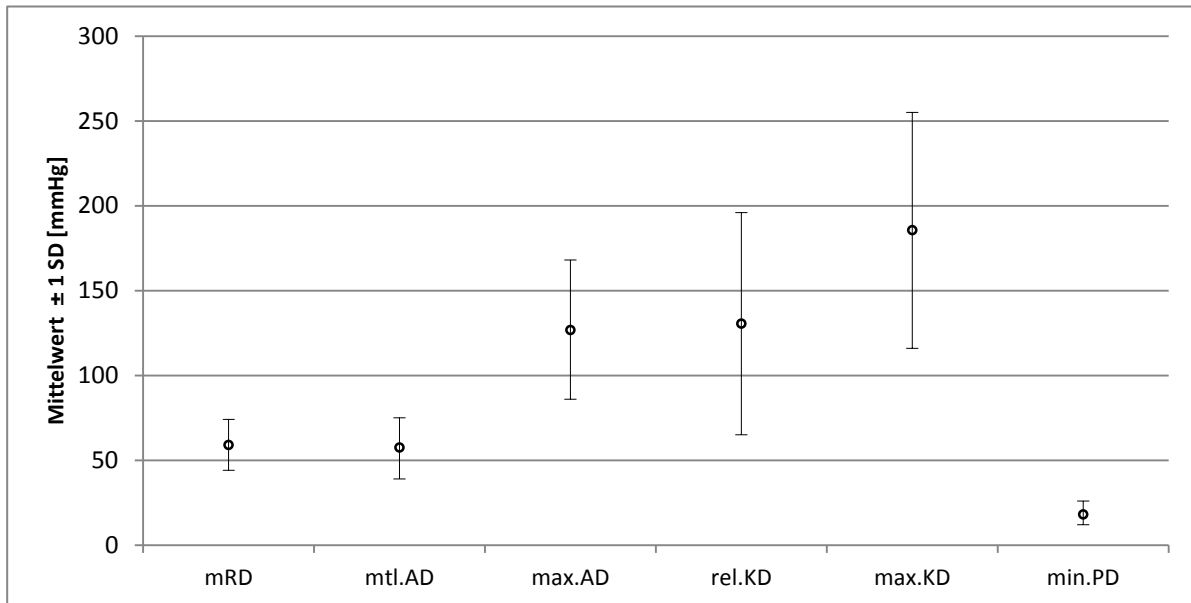
Die relevanten Ergebnisse der Untersuchungen des gesamten Kollektivs sind als Mittelwert mit einer Standardabweichung für normalverteilte Daten und als Median mit zugehörigem 25 % und 75 % Quartil für nicht normalverteilte Daten in Tabelle 25 zusammengefasst. Für die einzelnen Altersgruppen sind Mittelwerte dokumentiert.

Tabelle 25. Übersicht über die Manometrieergebnisse der gesunden Stichprobe

Parameter	n	Gesamt	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Gr.4	Gr.5
		$M (\pm 1SD)$	0-6Mo	7Mo – 3J	3J – 5J	6J – 9J	10J – 14J
mRD [mmHg]	73	59,04 44 – 74	60,44	58,17	59,38	56,65	63,60
mtl.AD [mmHg]	36	57,36 39-75	-	-	51,1	57	64,2
max.AD [mmHg]	36	126,81 86 – 168	-	-	110,6	129,13	139,3
rel.KD [mmHg]	42	130,48 65 – 196	-	62	109,6	143,25	134,7
max.KD [mmHg]	42	185,64 116 – 255	-	121	155,9	197,6	200,9
max.DKD [mmHg]	26	239,38 153 – 325	-	-	204	253,67	236,4
rel.DKD [mmHg]	26	175,96 94 – 257	-	-	151,5	185,83	173,9
mtl.DKD [mmHg]	26	56,35 21 – 92	-	-	50,25	62,33	51,6
proz. anal. Druckabfall – Pressen [%]	23	62,17 43 – 82	-	-	68,63	59,09	57,75
max. anal. Druckabfall [mmHg]	23	34,04 20 -48	-	-	42,25	28,45	33,00
mtl.min.PD [mmHg]	23	18 <sup>a</sup> 12-26 <sup>a</sup>	-	-	14 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>
ACL [mm]	36	39 35 – 45 <sup>a</sup>	-	-	40 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
HDZ [mm]	36	43,31 36-56 <sup>a</sup>	-	-	41	45	43
Anteil HDZ [%]	36	44,25 33 – 56	-	-	41,25	46,08	44,33
Relaxation (RAIR) [%]	42	64	71,14	63,75	60,4	62,2	67,71

<sup>a</sup> Median (Q1-Q4)

Zur besseren Veranschaulichung liegt zusätzlich eine graphische Darstellung der Normwertbereiche der wichtigsten Parameter vor (siehe Abbildung 25).



Abbildungung 25. Normwerte für die Halbleitermanometrie bei Kindern

#### *Messparameter ohne statistisch nachweisbaren Einfluss durch Alter und Geschlecht*

Das Alter hatte keinen statistisch nachweisbaren Effekt auf die untersuchten Parameter mittlerer Ruhedruck, mittlerer Analdruck, maximaler Analdruck, absoluter maximaler Kneifdruck, mittlerer maximaler Kneifdruck, mittlerer relativer Kneifdruck, maximaler Dauerkneifdruck, relativer Dauerkneifdruck, mittlerer Dauerkneifdruck, Fläche unter der Kurve, Ermüdungsneigung, minimaler analer Pressdruck, prozentualer analer Druckabfall beim Pressen, maximaler Druckabfall bei Pressen, rektoanaler Inhibitionsreflex, Asymmetrie, Analkanallänge, Länge der Hochdruckzone und Anteil der Hochdruckzone am Analkanal.

Zwischen weiblichen und männlichen Probanden lag kein statistisch signifikanter Unterschied der Höhe der Messergebnisse für Parameter mittlerer Ruhedruck, mittlerer Analdruck, maximaler Analdruck, absoluter maximaler Kneifdruck, mittlerer maximaler Kneifdruck, mittlerer relativer Kneifdruck, maximaler Dauerkneifdruck, relativer Dauerkneifdruck, mittlerer Dauerkneifdruck, Fläche unter der Kurve, Ermüdungsneigung, minimaler analer Pressdruck, prozentualer analer Druckabfall beim Pressen, maximaler Druckabfall bei Pressen, rektoanaler Inhibitionsreflex, Asymmetrie und Analkanallänge vor.



*Messparameter mit Einflussfaktoren*

Die Reliabilität der Ruhedruckmessung und die korrekte Durchführung der Kneifdruckmessung nahmen mit dem Alter der Probanden zu. Gesunde Kinder zeigten während des Pressversuches zu 41 % paradoxe Kontraktionen, die an Zahl mit dem Alter der Kinder zunahmen. Signifikante Unterschiede bezüglich des Geschlechts waren für die Länge der Hochdruckzone und den prozentualen Anteil der Hochdruckzone nachweisbar.

*Untersucherabhängigkeit*

Es lag eine Übereinstimmung von 96 % zwischen zwei Untersuchern bei der Beurteilung des Inhibitionsreflexes vor. Definierter man als Schwellenwert eine Relaxation von 60 %, erreichten die visuelle Beurteilung und das Ergebnis der Software nur eine geringe Übereinstimmung von 64 %.

*Vergleich der stationären und dynamischen Messtechnik*

In den vorliegenden Untersuchungen erwies sich der Ruhedruck über alle Altersgruppen hinweg als normalverteilt. Messungen in stationärer und dynamischer Technik zur Erhebung des Ruhedrucks zeigten für die Parameter mittlerer Ruhedruck und mittlerer Analdruck eine gute Übereinstimmung und positive Korrelation. Dies galt jedoch nicht für den mittleren Ruhedruck der stationären und den maximalen Analdruck der dynamischen Messung. Der maximale Ruhedruck zeigte zudem eine größere Streuung.

### 3.2 Patienten

Der folgende Abschnitt dient dem Vergleich der erhobenen Normwerte der gesunden Stichprobe ( $n = 73$ ) mit proktologischen Patienten ( $n = 169$ ), die sich im Zeitraum von 2012 bis 2015 in der Klinik für Kinderchirurgie, Klinik St. Hedwig manometrisch untersucht wurden. Ziel war es, diejenigen Parameter zu identifizieren, die auf signifikantem Niveau Kranke von Gesunden abgrenzen können.

Frau Pongratz wertete in einer retrospektiven Studie an der Klinik St. Hedwig die Ergebnisse der Manometrieuntersuchungen der proktologischen Patienten von August 2008 bis Januar 2013 aus [54]. Der Datensatz der Untersuchungen mit der 9-Kanal-Sonde, die seit 2011 in Gebrauch ist, wurde von 2013 bis 2015 weitergeführt und um  $n = 171$  Untersuchungen an  $n = 91$  Patienten ergänzt. Die Untersuchungen mit der alten 2-Kanal Sonde wurden in der hier vorliegenden Arbeit ausgeschlossen um durch das Messsystem bedingte Fehler zu vermeiden. Alle Messungen erfolgten mit der gleichen technischen Ausstattung und Untersuchungstechnik, wodurch ein direkter Vergleich der Messwerte ermöglicht wurde.

In der Auswertung wird jeweils nur die erste Messung der Parameter berücksichtigt und Folgeuntersuchungen des gleichen Parameters ausgeschlossen um die Unabhängigkeit der Messungen zu gewährleisten.  $N = 169$  Erstuntersuchungen und  $n = 113$  Folgeuntersuchungen wurden analysiert. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung lag bei  $M = 55,46$  Monaten ( $SD = 48,73$ ; 1 bis 185 Monate).

Die Hauptindikationen zur Durchführung der anorektalen Manometrie stellten Obstipation, Inkontinenz, anorektale Malformationen und der Verdacht auf M. Hirschsprung dar. Das gesamte Patientenkollektiv setzte sich wie in Tabelle 26 dargestellt zusammen. Es wurden Kinder im Alter von einem Monat bis 15 Jahre untersucht, nur in der Gruppe Stuhlinkontinenz wurden Kinder unter vier Jahren, entsprechend der Definition, ausgeschlossen. Die Einteilung erfolgt symptomorientiert, unabhängig von Ausmaß der Beschwerden. Zusätzlich wurde eine Gruppe mit Überlaufenkopresis analysiert, in der Kinder mit dem Symptom Inkontinenz, unabhängig des Alters, bei bestehender Obstipation eingeschlossen wurden. Hierdurch kommt es zu Überlappungen mit der Gruppe der Inkontinenten.

Tabelle 26. Häufigkeit der Untersuchungsindikation zur anorektalen Manometrie (2011 - 2015)

Untersuchungsindikation	<i>n</i>
Funktionelle Obstipation	64
Überlaufenkopresis	39
Stuhlinkontinenz	58
Anorektale Malformation	27
M. Hirschsprung	14
Gesamt	169

Anmerkung: Überlappungen der Patientengruppen mit Überlaufenkopresis und Stuhlinkontinenz

In Tabelle 27 sind zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse aller proktologischen Patienten im Vergleich zu den erhobenen Normwerten aufgeführt. Rein deskriptiv fielen insbesondere höhere Kneifdruckwerte der gesunden Kinder im Vergleich zu proktologischen Patienten auf.

Tabelle 27. Manometrieergebnisse der proktologischen Patienten im Vergleich zur gesunden Stichprobe

Parameter	<i>n</i>	Proktologische Patienten		Normwertstudie	
		<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	
mRD [mmHg]	169	57,91 (24,29)	73	59,04 (14,96)	
mtl.max.KD [mmHg]	67	146,13 (68,79)	42	185,64 (69,52)	
mtl.rel.KD [mmHg]	67	88,09 (56,59)	42	130,48 (65,68)	
rel.DKD [mmHg]	62	115,92 (72,07)	30	163,63 (85,25)	
max.DKD [mmHg]	62	177,0 (75,18)	30	227,2 (88,56)	
mtl.DKD [mmHg]	62	32,39 (27,56)	30	48,17 (39,39)	
FUK [mmHg·s]	62	342,5 (294,81)	30	522,5 (435,9)	
Ermüdungsneigung [mmHg/s]	62	-1,73 (4,2) <sup>a</sup>	30	-2,64 (3,98) <sup>a</sup>	
mtl.min.PD [mmHg]	75	24 (30) <sup>a</sup>	39	28,08 (18,49) <sup>a</sup>	
proz. anal. Druckabfall – Pressen [%]	75	43,23 (30,31)	39	50,18 (26,24)	
Relaxation – RAIR [%]	161	59,67 (20,87)	56	60,39 (20,55)	
RAIR /vorhanden	161	61,5 %	56	75 %	
RAIR >60 %	161	52,8 %	56	60,7	
RAIR >46 %	161	75,8 %	56	76,8	
Asymmetrie [%]	56	31,1 (11,2) <sup>a</sup>	35	35,1 (11,7) <sup>a</sup>	
max.AD [mmHg]	56	108,02 (46,73)	36	126,81 (40,87)	
mtl.AD [mmHg]	55	52,93 (23,25)	36	57,36 (17,96)	
ACL [mm]	56	34,1 (195) <sup>a</sup>	36	38,75 (9,9) <sup>a</sup>	
HDZ [mm]	56	13,65 (8,4) <sup>a</sup>	36	17,45 (9,2) <sup>a</sup>	
Anteil HDZ [%]	56	39,68 (9,56)	36	40,42 (11,84)	

<sup>a</sup> Median (IQA)

In den nächsten Kapiteln werden die Patienten mit funktioneller Obstipation, M. Hirschsprung, Inkontinenz, Überlaufenkopresis und anorektalen Malformationen getrennt voneinander betrachtet um Besonderheiten des entsprechenden Krankheitsbildes zu analysieren. Für jedes Krankheitsbild wurden die Untersuchungsergebnisse tabellarisch zusammengefasst und den Normwerten gegenübergestellt. Um die Werte der beiden Kollektive auf ihre Unabhängigkeit zu überprüfen wurden t-Tests beziehungsweise Mann-Whitney U Tests ausgeführt. Die entsprechenden t-/ u-Werte und *p*-Werte finden sich in der letzten Spalte der jeweiligen Tabelle. Des Weiteren wurde für diagnostisch relevante Parameter, derjenige Anteil der Patienten berechnet, der außerhalb des definierten Normbereiches liegt, also pathologische Werte aufweist. Da der Normwertbereich dem 95 % Konfidenzintervall um den Mittelwert der gesunden Stichprobe entspricht, ist auch bei einem gewissen Teil der Gesunden eine Normwertabweichung zu erwarten.

Bei geringer Anzahl an durchgeführten Hustentests unter den proktologischen Patienten wird auf diesen Test im Folgenden nicht weiter eingegangen.

### 3.2.1 Gegenüberstellung der Patientengruppen

Tabelle 28 gibt eine Übersicht über die Gegenüberstellung der Patientengruppen im Vergleich zur gesunden Stichprobe. Es sind jeweils die Parameter gekennzeichnet, bei denen sich ein signifikanter Unterschied zum Normwert zeigt.

Tabelle 28. Vergleich der Messergebnisse verschiedener proktologischer Krankheitsbilder

Parameter	Normwert		fkt. Obstipation		Überlaufenkopresis		Inkontinenz		M. Hirschsprung		ARM	
	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>
mRD [mmHg]	73	59,04 (14,96)	64	67,02* (25,77)	39	54,82 (19,06)	58	55,03 (21,66)	14	70,07* (18,84)	27	33,56* (16,88)
max.KD [mmHg]	42	185,64 (69,52)	10	190,7 (62,98)	29	145,1* (61,09)	48	141,27* (65,59)	5	160,8 (94,01)	9	64,44* (27,43)
proz. anal. Druckabfall – Pressen [%]	23	62,17 (18,91)	9	47,33 (35,81)	31	40,35* (31,37)	53	40,79* (29,67)	6	44,83 (25,66)	12	38,00* (32,57)
Relaxation – RAIR [%]	42	64 (17,58)	59	60,07 (21,64)	39	60,28 (22,19)	56	56,80 (21,57)	14	56,43 (21,77)	23	51,52* (20,58)
max.AD [mmHg]	36	126,81 (40,87)	9	148,04 (47,02)	18	111,94* (43,5)	34	105,52 (43,12)	6	108,33 (42,24)	14	65,36* (22,31)
mtl.AD [mmHg]	36	57,36 (17,96)	8	75,04* (21,85)	18	52,94 (20,47)	34	51,38 (20,74)	6	54,67 (24,78)	14	33,65* (13,87)

\* signifikanter Unterschied zur gesunden Stichprobe

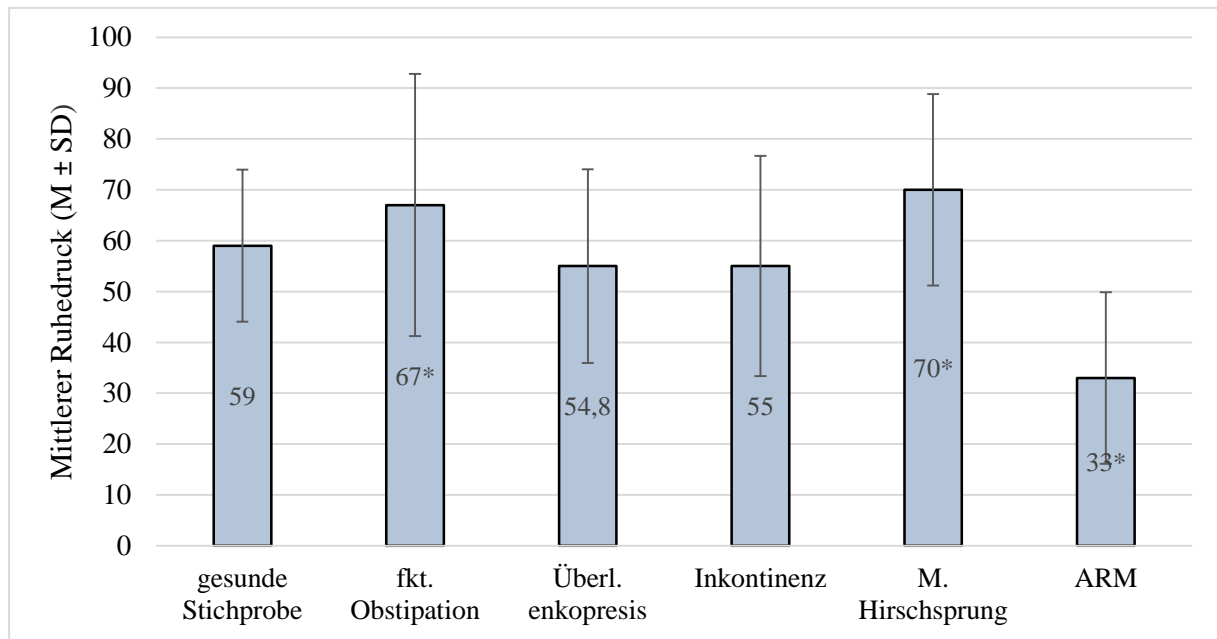


Abbildung 26. Vergleich des mittleren Ruhedrucks zwischen einzelnen Patientengruppen und Gesunden

\* signifikanter Unterschied zur gesunden Stichprobe

Patienten mit funktioneller Obstipation, M. Hirschsprung und ARM unterschieden sich bezüglich des Ruhedrucks signifikant von der gesunden Stichprobe. Vergleicht man Kinder, die das Symptom einer Obstipation aufweisen, so fällt ein niedrigerer Ruhedruck der Patienten mit zusätzlicher Überlaufenkopresis im Vergleich zu obstipierten Patienten ohne Enkopresis auf (vgl. Tabelle und Abbildung 26). Dieser Unterschied erwies sich anhand eines durchgeführten t-Tests als signifikant ( $t(103) = 2,55$ ,  $p = 0,012$ ). Zwischen funktioneller Obstipation und M. Hirschsprung war kein signifikanter Unterschied zu verzeichnen (t-Test  $t(13) = 1,665$ ;  $p = 0,120$ ).

## 3.2.2 Funktionelle Obstipation

Zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung litten  $n = 64$  Kinder ( $M = 34,2$  Monate) unter funktioneller Obstipation. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 29 zusammengefasst. Ergänzend wurde ausgewertet, wie viele Kinder pathologische Werte für Ruhedruck und Kneifdruck aufwiesen (siehe Tabelle 30).

Tabelle 29. Manometrieergebnisse der Patienten mit Obstipation im Vergleich zum Normwert (Erstuntersuchung)

Parameter	Obstipation		Normwert		t- bzw. u-Wert	p-Wert
	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>		
mRD [mmHg]	64	67,02 (25,77)	73	59,04 (14,96)	2,175	0,032
mtl.max.KD [mmHg]	10	190,7 (62,98)	42	185,64 (69,52)	0,210	0,834
mtl.rel.KD [mmHg]	10	115,7 (69,94)	42	130,48 (65,678)	- 0,632	0,530
mtl.min.PD [mmHg]	9	19,0 (47) <sup>a</sup>	23	18,0 (14) <sup>a</sup>	- 0,440	0,660 <sup>b</sup>
proz. anal. Druckabfall – Pressen [%]	9	47,33 (35,81)	23	62,17 (18,91)	- 1,181	0,266
Paradoxe Kontraktionen	9	44,4 %	39	41 %		
RAIR - vorhanden	59	69,5 %	56	75 %		
Relaxation – RAIR [%]	59	60,07 (21,64)	42	64 (17,58)	- 1,006	0,317
RAIR > 60 %	59	52,5 %	56	60,7 %		
RAIR > 46 %	59	72,9 %	56	76,8 %		
rel.DKD [mmHg]	6	113,00 (64,80)	26	175,96 (81,53)	- 1,760	0,089
max.DKD [mmHg]	6	173,00 (74,58)	26	239,38 (86,05)	- 1,740	0,092
mtl.DKD [mmHg]	6	31,67 (22,81)	26	56,35 (35,46)	- 1,618	0,116
Ermüdungsneigung	6	-0,98 (4,15) <sup>a</sup>	26	-2,81(4,51) <sup>a</sup>	- 1,014	0,311 <sup>b</sup>
FUK	6	390,5 (239,22)	26	611,88 (394,81)	- 1,309	0,200
Asymmetrie [%]	9	24,9 (7,9) <sup>a</sup>	35	35,1 (11,7) <sup>a</sup>	-3,463	0,001 <sup>b</sup>
max.AD [mmHg]	9	148,04 (47,02)	36	126,81 (40,87)	1,354	0,183
mtl.AD [mmHg]	8	75,04 (21,85)	36	57,36 (17,96)	2,424	0,020
ACL [mm]	9	33,4 (13,35) <sup>a</sup>	36	38,75 (9,9) <sup>a</sup>	-1,405	0,160 <sup>b</sup>
HDZ [mm]	9	13,3 (9,0) <sup>a</sup>	36	17,45 (9,2) <sup>a</sup>	-1,377	0,169 <sup>b</sup>
Anteil HDZ [%]	9	42,64 % (10,49)	36	44,25 % (11,96)	- 0,371	0,712

<sup>a</sup> Median (Interquartilenabstand); <sup>b</sup> Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 30. Anteil der obstipierten Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des Normwertbereichs

Parameter		Obstipation		Gesunde Stichprobe	
		<i>n</i>		<i>n</i>	
mRD	> 74 mmHg	26	(40,6 %)	11	(15,1 %)
	< 44 mmHg	14	(21,9 %)	9	(12,3 %)
max.AD	> 168 mmHg	2	(22,2 %)	5	(13,9 %)
	< 86 mmHg	1	(11,1 %)	6	(16,7 %)
mtl.AD	> 75 mmHg	5	(55,6 %)	4	(11,1 %)
	< 39 mmHg	1	(11,1 %)	5	(13,9 %)
mtl.max.KD	> 255 mmHg	2	(20 %)	6	(14,3 %)
	< 116 mmHg	0		7	(16,7 %)
mtl.rel.KD	> 226 mmHg	1	(10 %)	3	(7,1 %)
	< 95 mmHg	5	(50 %)	14	(33,3 %)

Anmerkung: Außerhalb des Normbereichs umfasst über- oder unterdurchschnittliche Druckwerte.

### Ruhedruck

Der mittlere Ruhedruck der obstipierten Patienten lag mit  $M = 67,02$  mmHg im definierten Normbereich. Dennoch war ein signifikanter Unterschied (t-Test:  $t(153) = 2,175$ ;  $p = 0,032$ ) zur Stichprobe vorhanden. 63 % der Kinder wiesen hyper- oder hypotone Ruhedruckwerte auf. Im Vergleich dazu traf dies auf 27 % der Kinder aus der gesunden Stichprobe zu. Ein Anteil von 41 % der Patienten mit Obstipation hat erhöhte Ruhedruckwerte (vgl. Abbildung 27).

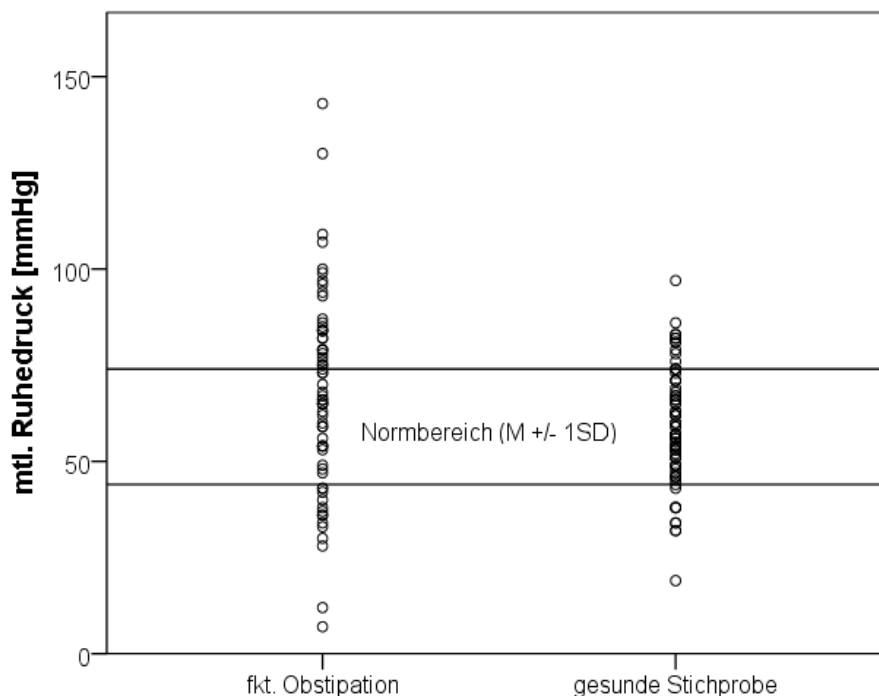


Abbildung 27. Vergleich der Streuung des mittleren Ruhedrucks zwischen Obstipierten und Gesunden

Die Bestimmung des mittleren Analdruckes mittels Ruhedurchzug erbrachte ähnliche Ergebnisse wie die stationäre Messtechnik, sowohl für die absoluten Zahlen als auch die Verteilung bei Kranken und Gesunden (vgl. Tabelle 29 und 30). Der Unterschied zur gesunden Stichprobe war signifikant (t-Test  $t(42) = 2,424$ ;  $p = 0,02$ ). Im Gegensatz dazu konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Obstipierten und Gesunden bezüglich des maximalen Analdrucks festgestellt werden (t-Test  $t(43) = 1,354$ ;  $p = 0,183$ ).

#### *Kneifen und Dauerkneifen*

Durchgeführte t-Tests zwischen der Gruppe der obstipierten Patienten und der Stichprobe der gesunden Kinder ergab keine signifikanten Unterschiede der Mittelwerte der Parameter mtl. max. Kneifdruck und mtl. rel. Kneifdruck sowie maximalen, mittleren und relativen Dauerkneifdruck, Ermüdungsneigung und FUK. Die entsprechenden p-Werte sind Tabelle 29 zu entnehmen.

#### *Sphinkterrelaxation durch Ballonstimulation und Pressen*

Eine Relaxation des inneren Sphinkters durch Ballonstimulation wurde vom Untersucher in der gesunden Stichprobe in 75 % der Fälle als vorhanden gewertet, während dies nur bei 69,5 % der obstipierten Patienten der Fall war. Bei Obstipierten war die durchschnittliche Relaxation auf 60 % vermindert. Nur 53 % ( $n = 31$ ) der Patienten erreichten den definierten Schwellenwert einer 60 %igen Relaxation.

Im Gegensatz zur Ballonstimulation, wich der prozentuale Druckabfall während des Pressens stärker vom Normwert ab. Bei Obstipierten war dieser auf durchschnittlich  $M = 47,33$  %, ausgehend vom Ruhedruckniveau, vermindert. Auch dieser Effekt erreichte keine statistische Signifikanz.

#### *Analprofil*

Patienten mit Obstipation wiesen eine signifikant verminderte Asymmetrie des Analkanals auf (Whitney-Mann-U-Test  $U = -3,463$ ,  $p = 0,001$ ). Die Länge des Analkanals, der Hochdruckzone und der Anteil der Hochdruckzone waren nur leicht, nicht signifikant vermindert.



## 3.2.3 Inkontinenz

Unter Kindern ab einem Alter von vier Jahren lag bei  $n = 58$  (72 %) der  $n = 81$  Patienten das Symptom Inkontinenz vor (Alter  $M = 95,90$  Monate,  $SD = 32,98$ ). Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 31 zusammengefasst. Der Anteil der Patienten mit Werten außerhalb des Normbereiches ist in Tabelle 32 aufgeführt.

Da es sich bei der kindlichen Stuhlinkontinenz häufig um eine Überlaufenkopresis handelt [14,58], weisen die Messungen der Inkontinenten Überlappungen mit denen der Patientengruppe Überlaufenkopresis auf. In unseren Untersuchungen lag bei 59 % der Kinder mit Stuhlinkontinenz zusätzlich eine Obstipation vor. Eine eindeutige Trennung nach Ätiologie ist jedoch aus den vorhandenen Daten nicht sicher möglich, weshalb hier die symptom-orientierte Analyse aller Kinder mit Zeichen einer Inkontinenz erfolgt.

Signifikante Unterschiede zwischen Inkontinenten und Gesunden zeigten sich beim Kneifen, Dauerkneifen und Pressen sowie für die Parameter Länge der Hochdruckzone, Anteil der Hochdruckzone und maximaler Anldruck.

Tabelle 31. Manometrie-Ergebnisse der Patienten mit Inkontinenz im Vergleich zu Gesunden

Parameter	Inkontinenz		Normwert		t- / u-wert	p-Wert
	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>		
mRD [mmHg]	58	55,03 (21,66)	73	59,04 (14,96)	- 1,200	0,233
max.KD [mmHg]	48	141,27 (65,59)	42	185,64 (69,52)	- 3,114	0,002
rel.KD [mmHg]	48	83,50 (51,63)	42	130,48 (65,68)	- 3,794	0,000
mtl. analer PD [mmHg]	53	29,0 (33) <sup>a</sup>	23	18 (14) <sup>a</sup>	- 2,064	0,039 <sup>b</sup>
proz. anal.Druckabfall - Pressen [%]	53	40,79 (29,67)	23	62,17 (18,91)	- 3,770	0,000
Paradoxe Kontraktionen	50	48,0 %	39	41 %		
RAIR auslösbar	56	57,1 %	56	75 %		
Relaxation – RAIR [%]	56	56,80 (21,57)	42	64 (17,58)	- 1,766	0,081
RAIR >60 %	56	48,2 %	56	60,7 %		
RAIR >46 %	56	69,6 %	56	76,8 %		
rel.DKD [mmHg]	46	115,41 (72,66)	26	175,96 (81,53)	- 3,249	0,002
max.DKD [mmHg]	46	178,39 (74,36)	26	239,38 (86,05)	- 3,157	0,002
mtl.DKD [mmHg]	46	32,11 (26,65)	26	56,35 (35,46)	- 3,283	0,002
Ermüdungsneigung	46	- 1,73 (4,45) <sup>a</sup>	26	-2,81 (4,51) <sup>a</sup>	- 1,202	0,229 <sup>b</sup>
FUK	46	332,39 (284,5)	26	611,88 (394,81)	- 3,174	0,003
Asymmetrie [%]	34	31,15 (10,4) <sup>a</sup>	35	35,1 (11,7) <sup>a</sup>	- 1,596	0,110 <sup>b</sup>
max.AD [mmHg]	34	105,52 (43,12)	36	126,81 (40,87)	- 2,121	0,038
mtl.AD [mmHg]	34	51,38 (20,74)	36	57,36 (17,96)	- 1,292	0,201
ACL [mm]	34	39,1 (20,8) <sup>a</sup>	36	38,75 (9,9) <sup>a</sup>	- 0,740	0,459 <sup>b</sup>
HDZ [mm]	34	15 (8,6) <sup>a</sup>	36	17,45 (9,2) <sup>a</sup>	- 1,992	0,046 <sup>b</sup>
Anteil HDZ [%]	34	38,54 (8,8)	36	44,25 (11,96)	- 2,285	0,026

Angegeben als Mittelwert (SD) <sup>a</sup> Median (IQA) <sup>b</sup> Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 32. Anteil der inkontinenten Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des Normwertbereichs

Parameter		Inkontinenz		Gesunde Stichprobe	
		<i>n</i>		<i>n</i>	
mRD	> 74 mmHg	12	(20,7 %)	11	(15,1 %)
	< 44 mmHg	16	(27,6 %)	9	(12,3 %)
max.AD	> 168 mmHg	2	(5,9 %)	5	(13,9 %)
	< 86 mmHg	11	(32,4 %)	6	(16,7 %)
mtl.AD	> 75 mmHg	4	(11,9 %)	4	(11,1 %)
	< 39 mmHg	10	(29,4 %)	5	(13,9 %)
mtl.max.KD	> 255 mmHg	21	(43,8 %)	6	(14,3 %)
	< 116 mmHg	3	(6,3 %)	7	(16,7 %)
mtl.rel.KD	> 226 mmHg	0		3	(7,1 %)
	< 95 mmHg	31	(64,0 %)	14	(33,3 %)

Anmerkung: Außerhalb des Normbereichs umfasst über- oder unterdurchschnittliche Druckwerte.

### *Ruhedruck*

Der durchschnittliche maximale Analdruck war mit 105,5 mmHg, im Vergleich zum Normwert von 126,8 mmHg, signifikant vermindert, während die beiden Parameter mittlerer Ruhedruck und mittlerer Analdruck nur geringfügig, nicht signifikant, herabgesetzt waren. Wie aus Tabelle 32 hervorgeht, war bei Inkontinenten bei allen Ruhedruckparametern ein um das Doppelte erhöhter Anteil hypotoner Druckwerte zu finden.

### *Kneifdruck*

Maximaler und relativer Kneifdruck waren mit 141,27 mmHg bzw. 83,5 mmHg, im Vergleich zum Normwert, signifikant vermindert (vgl. Tabelle 31). 44 % ( $n = 21$ ) der inkontinenten Kinder erreichten keinen normwertigen max. Kneifdruck (vgl. Tabelle 32 und Abbildung 28). Die Fähigkeit zum Dauerkneifen erwies sich ebenfalls als signifikant vermindert. Da dies in gleichem Maße auch bei allen anderen proktologischen Patienten ohne Inkontinenz zutraf (vgl. Abbildung 27), ist die Abweichung nicht auf Inkontinenz als alleinige Ursache zurückzuführen.

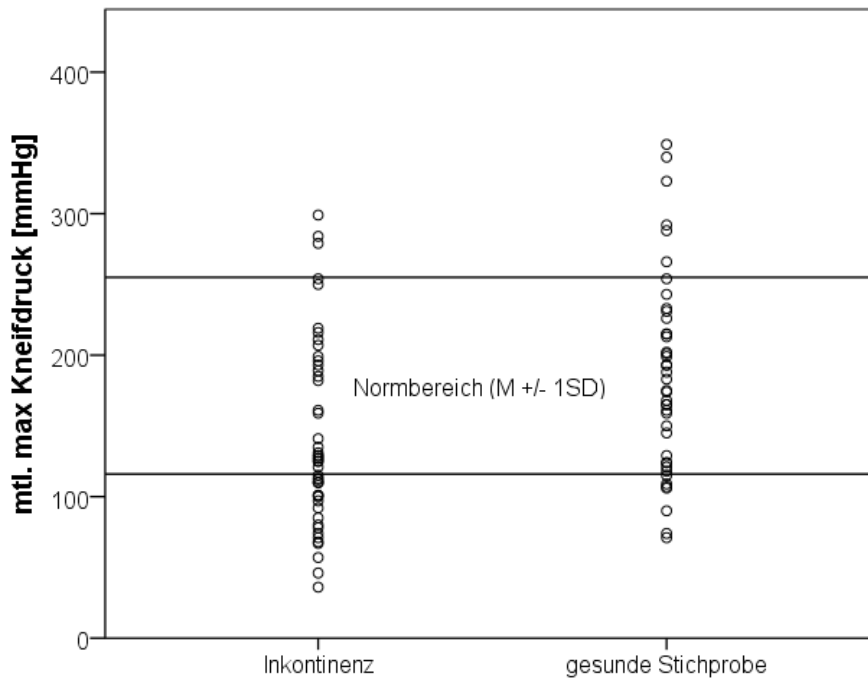


Abbildung 28. Vergleich der Streuung des mittleren maximalen Kneifdrucks zwischen Inkontinenten und Gesunden

#### *Sphinkterrelaxation durch Ballonstimulation und Pressen*

Inkontinente Patienten zeigten im Pressversuch eine insgesamt verminderte Relaxationsfähigkeit des inneren Sphinkters. Der Unterschied des prozentualen analen Druckabfalls zwischen Inkontinenten und Gesunden war laut durchgeführtem t-Test statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ). Damit verbunden waren ein erhöhter minimaler analer Druck während des Pressens und ein geringfügig erhöhter Anteil paradoxer analen Kontraktionen.

Ähnliche Ergebnisse wurden durch Balloninsufflation erzielt. Ein positiver RAIR war bei Inkontinenten seltener nachweisbar. Ebenso wurde der Schwellenwert einer 60%igen Relaxation weniger häufig erreicht. Das Ausmaß der prozentualen Relaxation war mit 56,8 % im Vergleich zu 64 % leicht vermindert.

#### *Sphinkterlänge*

Inkontinente Patienten wiesen mit 39,1 mm im Vergleich zu 38,75 mm bei Gesunden eine annähernd gleiche Analkanallänge auf. Die Hochdruckzone dieser Patienten erwies sich hingegen als statistisch signifikant kürzer. Des Weiteren lag der Anteil der Hochdruckzone an der Gesamtlänge des Analkanals mit 38,5 % signifikant unterhalb der, der gesunden Stichprobe mit 44,3 % (siehe Tabelle 31).

## 3.2.4 Überlaufenkopresis

Neununddreißig Kinder stellten sich mit Überlaufenkopresis vor ( $M = 88,15$  Monate,  $SD = 37,42$ ). Sie zeigten Symptome einer Inkontinenz in Zusammenhang mit Koprostase, die üblicherweise infolge einer chronischen Obstipation entsteht. Die manometrischen Untersuchungsergebnisse sind Tabelle 33 und Tabelle 34 zu entnehmen.

Tabelle 33. Manometrieergebnisse der Patienten mit Überlaufenkopresis im Vergleich zur gesunden Stichprobe (Erstuntersuchung)

Parameter	Überlaufenkopresis		Normwert		t bzw. u-wert	p-Wert
	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>		
mRD [mmHg]	39	54,82 (19,06)	73	59,04 (14,96)	- 1,290	0,200
mtl.max.KD [mmHg]	29	145,1 (61,09)	42	185,64 (69,52)	- 2,535	0,014
mtl.rel.KD [mmHg]	29	87,66 (51,15)	42	130,48 (65,678)	- 2,946	0,004
mtl.min.PD [mmHg]	31	35,0 (41) <sup>a</sup>	23	18,0 (14) <sup>a</sup>	- 1,995 <sup>b</sup>	0,046 <sup>b</sup>
proz.anal. Druckabfall – Pressen [%]	31	40,35 (31,37)	23	62,17 (18,91)	- 3,173	0,003
Paradoxe Kontraktionen	30	50 %	39	41 %		
RAIR - vorhanden	39	61,5 %	56	75 %		
Relaxation – RAIR [%]	39	60,28 (22,19)	42	64 (17,58)	- 0,839	0,404
RAIR > 60 %-Cut-off	39	53,8 %	56	60,7 %		
RAIR > 46 %-Cut-off	39	74,7 %	56	76,8 %		
rel.DKD [mmHg]	28	111,18 (68,95)	26	175,96 (81,53)	- 3,161	0,003
max.DKD [mmHg]	28	176,68 (76,41)	26	239,38 (86,05)	- 2,836	0,006
mtl.DKD [mmHg]	28	34,61 (26,88)	26	56,35 (35,46)	- 2,550	0,014
Ermüdungsneigung	28	-1,48 (4,52)	26	-2,81(4,51) <sup>a</sup>	- 1,082	0,279
FUK	28	351,93 (287,35)	26	611,88 (394,81)	- 2,781	0,008
Asymmetrie [%]	18	31,9 (7,8) <sup>a</sup>	35	35,1 (11,7) <sup>a</sup>	- 1,390 <sup>b</sup>	0,165 <sup>b</sup>
max.AD [mmHg]	18	111,94 (43,5)	36	126,81 (40,87)	- 1,233	0,223
mtl.AD [mmHg]	18	52,94 (20,47)	36	57,36 (17,96)	- 0,813	0,420
ACL [mm]	18	37,75 (19,7) <sup>a</sup>	36	38,75 (9,9) <sup>a</sup>	- 0,560 <sup>b</sup>	0,576 <sup>b</sup>
HDZ [mm]	18	15,95 (9,5) <sup>a</sup>	36	17,45 (9,2) <sup>a</sup>	- 1,257 <sup>b</sup>	0,209 <sup>b</sup>
Anteil HDZ [%]	18	39,14 (6,45)	36	44,25 (11,96)	-1,863	0,046

<sup>a</sup> Median (Interquartilenabstand) <sup>b</sup> Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 34. Anteil der Enkopresis-Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des Normwertbereichs

Parameter		Überlaufenkopresis		Gesunde Stichprobe	
		<i>n</i>		<i>n</i>	
mRD	> 74 mmHg	7	(17,9 %)	11	(15,1 %)
	< 44 mmHg	10	(25,6 %)	9	(12,3 %)
max.AD	> 168 mmHg	1	(5,6 %)	5	(13,9 %)
	< 86 mmHg	4	(22,2 %)	6	(16,7 %)
mtl.AD	> 75 mmHg	1	(5,6 %)	4	(11,1 %)
	< 39 mmHg	4	(22,2 %)	5	(13,9 %)
mtl.max.KD	> 255 mmHg	1	(3,4 %)	6	(14,3 %)
	< 116 mmHg	12	(41,4 %)	7	(16,7 %)
mtl.rel.KD	> 226 mmHg	0		3	(7,1 %)
	< 95 mmHg	17	(58,6 %)	14	(33,3 %)

Anmerkung: Außerhalb des Normbereichs umfasst über- oder unterdurchschnittliche Druckwerte.

### *Ruhedruck*

Die Durchschnittswerte des mittleren Ruhedrucks, sowie des mittleren und maximalen Analdrucks der Kinder mit Überlaufenkopresis waren erniedrigt. Der Unterschied der Mittelwerte zwischen Patienten und der Gesunden erwies sich anhand durchgeführter t-Tests als nicht statistisch signifikant (vgl. Tabelle 33). Ein um das Zweifache erhöhte Anteil der Kinder mit Überlaufenkopresis hatten hypotone Ruhedruckwerte, unterhalb des Normwertbereiches (vgl. Tabelle 34).

### *Kneifen und Dauerkneifen*

Kinder mit Überlaufenkopresis erreichten durchschnittlich, im Vergleich zu Gesunden, bei den willkürlichen Kneifversuchen signifikant niedrigere Werte. Dies ist am Beispiel des mittleren maximalen Kneifdrucks in Abbildung 29 dargestellt. Durchgeführte t-Tests, bezogen auf diese Patientengruppe und Gesunde, für mittleren relativen und mittleren maximalen Kneifdruck sowie mittleren, maximalen und relativen Dauerkneifdruck fielen signifikant aus.

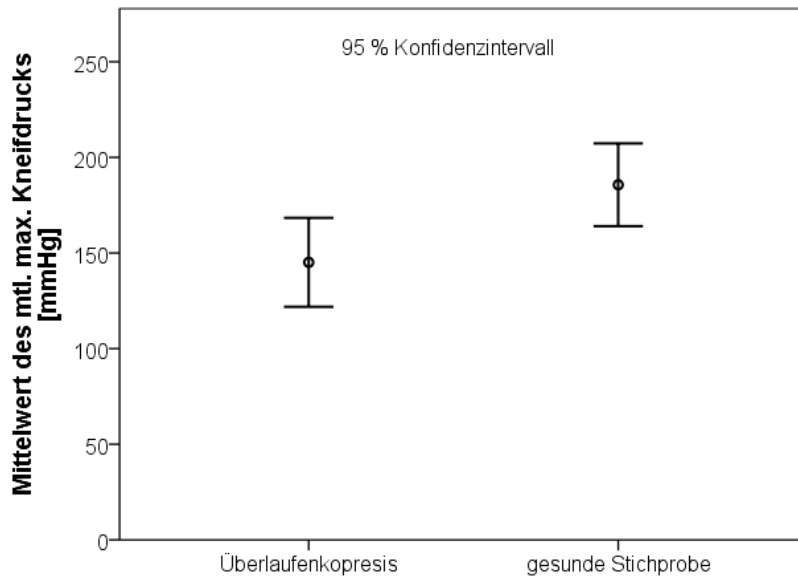


Abbildung 29. Vergleich des mittleren maximalen Kneifdrucks zwischen Patienten mit Überlaufenkopresis und Gesunden

#### *Sphinkterrelaxation durch Ballonstimulation und Pressen*

Während des Pressversuchs fiel der anale Druck bei Patienten mit Überlaufenkopresis weniger stark ab als bei Gesunden. Dies zeigt sich sowohl in einem erhöhten minimalen analen Druck, als auch einem geringeren prozentualen analen Druckabfall. Der Vergleich zu Gesunden anhand durchgeführter Mann-Whitney-U-Tests und t-Tests zeigte statistisch signifikante Unterschiede (vgl. Tabelle 27). Bei der Hälfte der Enkopresispatienten waren zudem paradoxe Kontraktionen zu verzeichnen.

Die Balloninsufflation führte nur zu einer leicht verminderten Relaxation des inneren Sphinkters und somit einem geringen prozentualen Druckabfall, der sich nicht statistisch signifikant von dem der Gesunden unterschied (vgl. Tabelle 27).

## 3.2.5 Morbus Hirschsprung

Im Untersuchungszeitraum von 2012 bis 2015 wurde bei  $n = 14$  Patienten (Alter  $M = 44$  Monate) nach einer Manometrieuntersuchung die Diagnose eines M. Hirschsprung gestellt und durch Biopsie bestätigt. Insgesamt war damit bei 8 % ( $n = 10$ ) der obstipierten Kinder die Aganglionose ursächlich für die Beschwerden. Die Untersuchungsergebnisse und der statistische Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Parameter zwischen Patienten mit M. Hirschsprung und den Normwerten sind in Tabelle 35 zusammengefasst.

Tabelle 35. Manometrieergebnisse der Patienten mit M. Hirschsprung im Vergleich zur gesunden Stichprobe (Erstuntersuchung)

		M. Hirschsprung		Normwert		
Parameter	<i>n</i>	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	<i>n</i>	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	t- / u- wert	p-Wert
mRD [mmHg]	14	70,07 (18,84)	73	59,04 (14,96)	2,421	0,018
mtl.max.KD [mmHg]	5	160,8 (94,01)	42	185,64 (69,52)	- 0,729	0,470
mtl.rel.KD [mmHg]	5	95,00 (73,66)	42	130,48 (65,678)	- 1,129	0,265
mtl.min.PD	6	35 (21) <sup>a</sup>	23	18 (14) <sup>a</sup>	-2,182	0,029 <sup>b</sup>
proz. anal.Druckabfall - Pressen [%]	6	44,83 (25,66)	23	62,17 (18,91)	-1,860	0,074
Paradoxe Kontraktionen	6	83,3 %	39	41 %		
RAIR auslösbar	14	21,4 %	56	75 %		
Relaxation – RAIR [%]	14	56,43 (21,77)	42	64 (17,58)	-1,314	0,194
RAIR > 60 %	14	42,9 %	56	60,7 %		
RAIR > 46 %	14	78,6 %	56	76,8 %		
rel.DKD [mmHg]	4	122,75 (93,22)	26	175,96 (81,53)	-1,196	0,242
max.DKD [mmHg]	4	192,75 (84,98)	26	239,38 (86,05)	-1,010	0,321
mtl.DKD [mmHg]	4	30,00 (43,59)	26	56,35 (35,46)	-1,347	0,189
Ermüdungsneigung	4	-3,57 (5,33) <sup>a</sup>	26	-2,81(4,51) <sup>a</sup>	-0,793	0,428 <sup>b</sup>
FUK	4	318,75 (469,59)	26	611,88 (394,81)	-1,353	0,187
Asymmetrie [%]	6	31,6 (6,8) <sup>a</sup>	35	35,1 (11,7) <sup>a</sup>	-1,513	0,130 <sup>b</sup>
max.AD[mmHg]	6	108,33 (42,24)	36	126,81 (40,87)	-1,021	0,314
mtl.AD [mmHg]	6	54,67 (24,78)	36	57,36 (17,96)	-0,322	0,749
ACL [mm]	6	34,0 (15,2) <sup>a</sup>	36	38,75 (9,9) <sup>a</sup>	-1,600	0,110 <sup>b</sup>
HDZ [mm]	6	15,35 (10) <sup>a</sup>	36	17,45 (9,2) <sup>a</sup>	-1,151	0,250 <sup>b</sup>
Anteil HDZ [%]	6	40,71 (12,87)	36	44,25 % (11,96)	-0,665	0,510

<sup>a</sup>Median (IQA) <sup>b</sup> Mann-Whitney-U-Test

*Ruhedruck*

Der mittlere Ruhedruck, in stationärer Messtechnik gemessen, war bei Kindern mit M. Hirschsprung erhöht. Ein durchgeführter t-Test zum Vergleich des mittleren Ruhedrucks fiel sowohl zwischen Gesunden und Kranken ( $t(85) = -2,42$ ,  $p = 0,018$ ) als auch zwischen Patienten mit M. Hirschsprung und den übrigen Patienten ( $t(165) = -2,02$ ,  $p = 0,046$ )

signifikant aus. Im Gegensatz dazu lagen die Ruhedruckwerte, die durch kontinuierlichen Rückzug erhoben wurden, der mittlerer und der maximaler Analdruck, unter denen der gesunden Stichprobe. Diese Beobachtung ist rein deskriptiv, nicht statistisch signifikant.

#### *RAIR*

Besonderes Interesse gilt der Untersuchung des Rektoanal Inhibitionsreflexes, der bei Patienten mit M. Hirschsprung aufgrund der Aganglionose definitionsgemäß nicht auslösbar ist. Bei  $n = 3$  Kindern (21 %) mit im Nachhinein gesichertem M. Hirschsprung wertete der Untersucher den Reflex als vorhanden (falsch negatives Testergebnis in Bezug auf die Aganglionose). Die Testung des RAIR zur Diagnosesicherung eines M. Hirschsprung erreichte damit eine Sensitivität von 79 %, eine Spezifität von 72 % und einen positiv prädiktiven Wert von 22 %.

Die durchschnittliche prozentuale Relaxation des inneren Sphinkters und damit der anale Druckabfall, waren bei M. Hirschsprung geringfügig vermindert. Es lag weder ein signifikanter Unterschied zu Gesunden ( $n = 56$ ; t-Test:  $t(54) = 1,314$ ,  $p = 0,194$ ) noch zu Patienten ohne M. Hirschsprung ( $n = 147$ ; t-Test:  $t(71) = 0,565$   $p = 0,5574$ ) vor. Abbildung 30 veranschaulicht die Werte der drei Gruppen. Hier verdeutlicht sich zudem, dass die Messung bei Patienten mit M. Hirschsprung das größte Konfidenzintervall und damit die größte Streuung aufweist.





Abbildung 30. Vergleich der Relaxation nach Ballonstimulation der Patienten mit M. Hirschsprung im Vergleich zu Patienten ohne M. Hirschsprung und Gesunden

Das Erreichen eines definierten Schwellenwertes zeigte weder für eine 60 %ige noch für eine 46 %ige-Relaxation eine gute Übereinstimmung mit dem histologischen Ergebnis. Die berechnete Interrater-Korrelation lag für die 60 % - Relaxation bei  $\kappa = -0,034$  und für die 46 % - Relaxation bei  $\kappa = 0,006$ .

#### Weitere Parameter

Weitere Parameter wurden bei den Patienten mit M. Hirschsprung nur selten untersucht, wodurch ein Vergleich zu Normwerten wenig aussagekräftig war. Es wurden fünf Kneifmessungen, sechs Presseversuche und sechs Analprofile ausgewertet. Diese gaben bis auf den Pressversuch keinen Hinweis auf pathologische Untersuchungsbefunde. Während des Pressens fiel der Druck weniger stark ab, sodass der mtl.min.PD signifikant über dem Normwert lag ( $U(6,36) = 28,5$ ,  $p = 0,029$ ). Der Unterschied zu anderen Patienten ohne M. Hirschsprung erwies sich hingegen nicht als statistisch signifikant ( $U(6,68) = 145,5$ ,  $p = 0,247$ ).

## 3.2.6 Anorektale Malformationen

In der Klinik St. Hedwig wurden  $n = 27$  Kinder mit anorektalen Malformationen nach erfolgter Korrekturoperation einer Manometrieuntersuchung unterzogen. Zum Zeitpunkt der ersten postoperativen Untersuchung lag das durchschnittliche Alter bei  $M = 53,8$  Monaten ( $SD = 52,27$ ). Die Gruppe unterteilt sich in  $n = 12$  Kinder (44,4 %) mit tiefer Fehlbildung,  $n = 11$  (40,7 %) mit intermediärer Fehlbildung,  $n = 2$  (7,4 %) mit hohe Fehlbildungen,  $n = 1$  (3,7 %) Kloakenfehlbildung und  $n = 1$  Kind (3,7 %), dessen Fehlbildung aufgrund fehlender Unterlagen nicht genauer klassifiziert werden konnte. Tabelle 36 gibt einen Überblick über die Manometrieergebnisse aller Kinder mit anorektalen Malformationen. Rein deskriptiv zeigen sich bei mehreren Parametern Abweichungen von der Norm, die im Folgenden genauer betrachtet werden.

Tabelle 36. Manometrieergebnisse der Patienten mit anorektalen Malformationen im Vergleich zur gesunden Stichprobe (Erstuntersuchung)

Parameter	ARM		Normwert		t- bzw. u-wert	p-Wert
	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>	<i>n</i>	<i>M (SD)</i>		
mRD [mmHg]	27	33,56 (16,88)	73	59,04 (14,96)	7,304	0,000
max.KD [mmHg]	9	64,44 (27,43)	42	185,64 (69,52)	8,598	0,000
rel.KD [mmHg]	9	41,78 (29,69)	42	130,48 (65,678)	3,942	0,000
mtl.min.PD [mmHg]	12	18,5 (24) <sup>a</sup>	23	18,0 (14) <sup>a</sup>	-0,279 <sup>b</sup>	0,781 <sup>b</sup>
proz. anal.Druckabfall - Pressen [%]	12	38,00 (32,57)	23	62,17 (18,91)	2,371	0,032
Paradoxe Kontraktionen	9	22,2 %	39	41 %		
RAIR auslösbar	23	52,2 %	56	75 %		
Relaxation – RAIR [%]	23	51,52 (20,58)	42	64 (17,58)	2,575	0,012
RAIR > 60 %	23	39,1 %	56	60,7 %		
RAIR > 46 %	23	60,9 %	56	76,8 %		
rel.DKD [mmHg]	9	129,33 (92,74)	26	175,96 (81,53)	1,429	0,162
max.DKD [mmHg]	9	155,00 (92,34)	26	239,38 (86,05)	2,490	0,018
mtl.DKD [mmHg]	9	22,22 (20,75)	26	56,35 (35,46)	2,714	0,010
Ermüdungsneigung	9	-1,69 (2,47) <sup>a</sup>	26	-2,81 (4,51) <sup>a</sup>	-1,661 <sup>b</sup>	0,097 <sup>b</sup>
FUK	9	237,56 (224,13)	26	611,88 (394,81)	3,479	0,002
Asymmetrie [%]	14	41,30 (16,7) <sup>a</sup>	35	35,1 (11,7) <sup>a</sup>	-0,841	0,400 <sup>b</sup>
max.AD [mmHg]	14	65,36 (22,31)	36	126,81 (40,87)	6,788	0,000
mtl.AD [mmHg]	14	33,64 (13,87)	36	57,36 (17,96)	4,443	0,000
ACL [mm]	14	27,25 (16,8) <sup>a</sup>	36	38,75 (9,9) <sup>a</sup>	-3,090	0,002 <sup>b</sup>
HDZ [mm]	14	10,0 (6,4) <sup>a</sup>	36	17,45 (9,2) <sup>a</sup>	-3,101	0,002 <sup>b</sup>
AnteilHDZ [%]	14	40,25 (12,25)	36	44,25 % (11,96)	1,055	0,296

<sup>a</sup> Median (IQA) <sup>b</sup> Mann-Whitney-U-Test

Tabelle 37. Anteil der ARM-Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des Normbereichs

Parameter (< Normbereich)		Patienten mit ARM		Gesunde Stichprobe	
		<i>n</i>		<i>n</i>	
mRD	< 44 mmHg	19	(70,4 %)	9	(12,3 %)
max.AD	< 86 mmHg	11	(78,6 %)	6	(16,7 %)
mtl.AD	< 39 mmHg	11	(78,6 %)	5	(13,9 %)
mtl.max.KD	< 116 mmHg	9	(100 %)	7	(16,7 %)
mtl.rel.KD	< 95 mmHg	9	(100 %)	14	(33,3 %)

Anmerkung: Außerhalb des Normbereichs umfasst über- oder unterdurchschnittliche Druckwerte.

### Ruhedruck

Der erste postoperativ gemessene Ruhedruck von Kindern mit anorektalen Malformationen war im Durchschnitt, unabhängig von der Messtechnik, vermindert. Durchgeführte t-Tests zum Vergleich des mittleren Ruhedrucks, mittleren Anldrucks und des maximalen Anldrucks fielen sowohl beim Vergleich zur gesunden Stichprobe (vgl. Tabelle 36) als auch im Vergleich der proktologischen Patienten mit und ohne ARM signifikant aus (mRD  $t(166) = 6,35$ ,  $p = 0,000$ ; mtl.AD  $t(53) = 4,09$ ,  $p = 0,000$ ; max.AD  $t(54) = 4,62$ ,  $p = 0,000$ ). Der mittlere Ruhedruck lag bei 70 % ( $n = 19$ ) der Kinder, der mittlere und maximale Anldruck bei 79 % ( $n = 11$ ) der Kinder, unterhalb des Normbereiches (vgl. Tabelle 37). In Abbildung 31 ist beispielhaft die Streuung des mittleren Ruhedrucks bei Patienten mit tiefen, intermediären und hohen Fistelbildungen im Vergleich zu Gesunden zu sehen.

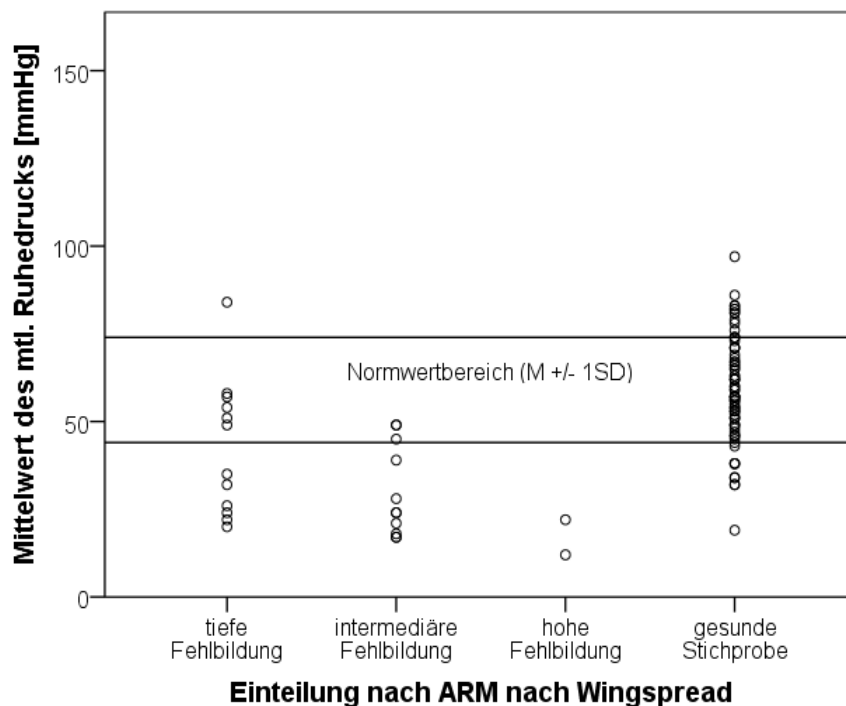


Abbildung 31. Vergleich der Streuung des mittleren Ruhedrucks zwischen Patienten mit ARM und Gesunden

*Kneifen*

Die Patienten mit anorektalen Malformationen konnten im Schnitt nur ein Drittel des Kneifdrucks gesunder Kinder aufbauen. Keines der Kinder erreichte einen normwertigen relativen oder maximalen Kneifdruck. Durchschnittswerte des relativen und maximalen Dauerkneifdrucks zeigten sich ebenfalls signifikant vermindert (vgl. Tabelle 37).

*Sphinkterrelaxation*

Nach Operation der ARM zeigte der Sphinkter als Reaktion sowohl auf das Pressen als auch auf das Aufblasen eines intrarektalen Ballons eine deutlich verminderte Relaxationsfähigkeit. Bei 52 % der Kinder war ein rektoanaler Inhibitionsreflex auslösbar. Die prozentuale Relaxation lag mit 51,52 % signifikant unter dem Normwert (t-Test:  $t(63) = 2,575$ ;  $p = 0,012$ ). Den Schwellenwert von 60 % erreichten nur 39 % der Patienten.

Der anale Druckabfall während des Pressmanövers war mit 38 % im Vergleich zu 62 % bei Gesunden ebenfalls signifikant vermindert (t-Test:  $t(33) = 2,371$ ;  $p = 0,032$ ).

*Sphinkterlänge*

Analkanal und Hochdruckzone der Kinder mit anorektalen Malformationen waren postoperativ mit einem Median von 27,25 mm bzw. 10 mm signifikant verkürzt, während sich der Anteil der Hochdruckzone am gesamten Analkanal mit 40 % als nahezu unverändert darstellte.

*Asymmetrie*

Die Asymmetrie des Analkanals aller ARM-Patienten ist mit einem Median von 41,3 % gegenüber dem Normwert von 35,1 % leicht, jedoch nicht statistisch signifikant erhöht. Zur weiteren Differenzierung der einzelnen Untergruppen der ARM sind in Tabelle 38 die Werte für Asymmetrie und mittleren Ruhedruck getrennt nach der Fistelform, entsprechend der Krickenbeck-Klassifikation, aufgeführt. Die Fallzahl ist zu gering um weitere Auswertungen anzuschließen.

Tabelle 38. Mittlerer Ruhedruck und Asymmetrie der Patienten mit anorektalen Malformationen gruppiert nach der Krickenbeck-Klassifikation

Art der Fistel	mRD		Asymmetrie	
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>n</i>	<i>M</i>
Perineokutane Fistel	8	35,25	5	37,50
Vestibuläre Fistel	4	20,50	1	37,30
Rektourethrale Fistel	4	40,25	1	31,50
Analstenose	4	53,75	1	30,20
Rektovesikale Fistel	1	12,00	-	-
Kloakenfehlbildung	1	20,00	1	45,80
Rektumatresie	1	22,00	1	45,80
Rektovaginale Fistel	1	18,00	1	48,00
ohne Fistel	2	35,00	2	35,35
unbekannt	1	24,00	1	48,40
Gesamtsumme	27	33,56	14	38,94

*Differenzierung nach Art der Fehlbildung*

Im folgenden Abschnitt wurde die Wingspread-Klassifikation zur Gruppierung der Patienten gewählt. Rein deskriptiv zeigte sich von tiefen zu hohen Fehlbildungen eine Abnahme der Ruhedruckwerte und eine Zunahme der Asymmetrie. Der RAIR war bei 73 % der Patienten mit tiefen Fehlbildungen vorhanden, nahm bei intermediären Fehlbildungen auf 55 % ab und war bei schwereren Fehlbildungen nicht mehr nachweisbar.

Tabelle 39. Manometrieergebnisse der ARM-Patienten gruppiert nach der Wingspread-Klassifikation

Wingspread-Klassifikation	mRD [mmHg]	max.AD [mmHg]	mtl.max.KD [mmHg]	Asymmetrie [%]	ACL [mm]	RAIR vorh.
Tief	41,4 ( <i>n</i> = 12)	69,5 ( <i>n</i> = 6)	64,5 ( <i>n</i> = 2)	35,1 ( <i>n</i> = 6)	25,5 <sup>a</sup> ( <i>n</i> = 6)	8/11 (73 %)
Intermediär	30,1 ( <i>n</i> = 11)	67,2 ( <i>n</i> = 5)	63,0 ( <i>n</i> = 5)	37,3 ( <i>n</i> = 5)	23,9 <sup>a</sup> ( <i>n</i> = 5)	5/9 (56 %)
Hoch	17,0 ( <i>n</i> = 2)	45,0 ( <i>n</i> = 1)	100 ( <i>n</i> = 1)	45,8 ( <i>n</i> = 1)	37,6 <sup>a</sup> ( <i>n</i> = 1)	0/1
Kloakenfehlbildung	20,0 ( <i>n</i> = 1)	54,0 ( <i>n</i> = 1)	36,0 ( <i>n</i> = 1)	45,8 ( <i>n</i> = 1)	42,3 <sup>a</sup> ( <i>n</i> = 1)	0/1

Angabe als Mittelwert außer abweichend angezeigt; <sup>a</sup> Median (IQA)

Stuhlentleerungsstörungen stellten häufige Probleme nach der Korrekturoperation der anorektalen Fehlbildungen dar. *N* = 13 (48 %) der 27 Kinder berichteten im postoperativen Verlauf von Stuhlschmierern, *n* = 13 (48 %) von Obstipation, wovon *n* = 7 (26 %) Kinder sowohl Zeichen einer Obstipation als auch Inkontinenz aufwiesen. Wie den Angaben in Tabelle 40 zu entnehmen ist, lässt sich eine Zunahme der Stuhlentleerungsstörungen mit dem Schweregrad der Fehlbildung erkennen.

Berechnungen mit Hilfe der Pearson-Korrelation konnten keinen statistischen Zusammenhang zwischen Obstipation und Ruhedruck ( $r = -0,122$   $p = 0,545$ ), Obstipation und mittlerem maximalem Kneifdruck ( $r = -0,002$   $p = 0,996$ ) sowie zwischen Inkontinenz und Ruhedruck ( $r = 0,093$   $p = 0,645$ ) oder Inkontinenz und mittlerem maximalem Kneifdruck ( $r = 0,076$   $p = 0,846$ ) nachweisen.

Tabelle 40. Häufigkeit von Stuhlentleerungsstörungen bei ARM-Patienten

Wingspread-Klassifikation	Gesamt	Obstipation		Inkontinenz	
	<i>n</i>	<i>n</i>		<i>n</i>	
Tief	12	5	(39 %)	4	(31 %)
Intermediär	11	6	(55 %)	6	(55 %)
Hoch	2	1	(50 %)	1	(50 %)
Kloakenfehlbildung	1	0	(0 %)	1	(100 %)
Unbekannt	1	1	(100 %)	1	(100 %)
Gesamt	27	13		13	

### 3.3 Umfrage zum Einsatz der anorektalen Manometrie an kinderchirurgischen Kliniken

Nach einer Umfrage an deutschen kinderchirurgischen Kliniken zur aktuellen Nutzung der anorektalen Manometrie liegen zur Auswertung  $n = 47$  (52 %) Antworten der  $n = 89$  befragten Kliniken [59] vor. Von diesen Kliniken führen  $n = 18$  (38 %) Manometrieuntersuchungen zum jetzigen Zeitpunkt durch. Sieben Kliniken (15 %) sprachen von einem routinemäßigen Einsatz dieses Untersuchungsverfahrens.

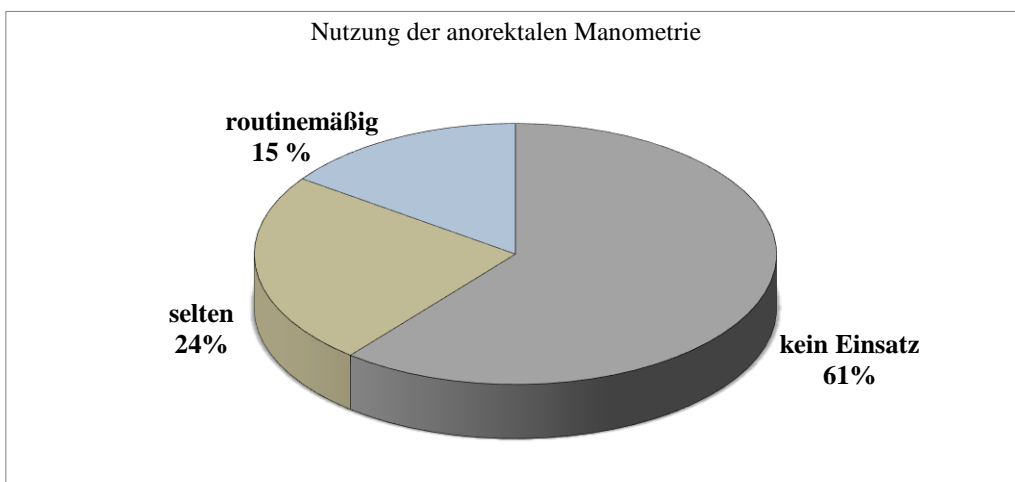


Abbildung 32. Häufigkeit der Anwendung der anorektalen Manometrie laut Umfrage

Die Gründe für die Ablehnung der Manometrie und Kritikpunkte wurden in Kategorien eingeteilt (siehe Anhang Kapitel 9.1.1). Nicht alle Kliniken begründeten den Verzicht auf die Manometrie. Die aufgeführten Kritikpunkte aller 47 Kliniken sind in Abbildung 33 zusammengefasst dargestellt. Als Hauptursachen wurden die fehlende Aussagekraft und klinische Relevanz, starke Artefaktanfälligkeit der Messergebnisse und die Patientenmit-arbeitsabhängigkeit sowie die bevorzugte Nutzung anderer diagnostischer Verfahren genannt. Alternative Untersuchungsmethoden, wie die Biopsie bei M. Hirschsprung, mit besserer Spezifität und Sensitivität, seien der anorektalen Manometrie überlegen. Zudem erschwere der Einfluss der Kooperationsbereitschaft der Kinder die Beurteilung der Messergebnisse. Es wurde mehrfach beschrieben, dass die Untersuchungsbedingungen für Kinder ohne Sedierung teils sehr belastend seien.

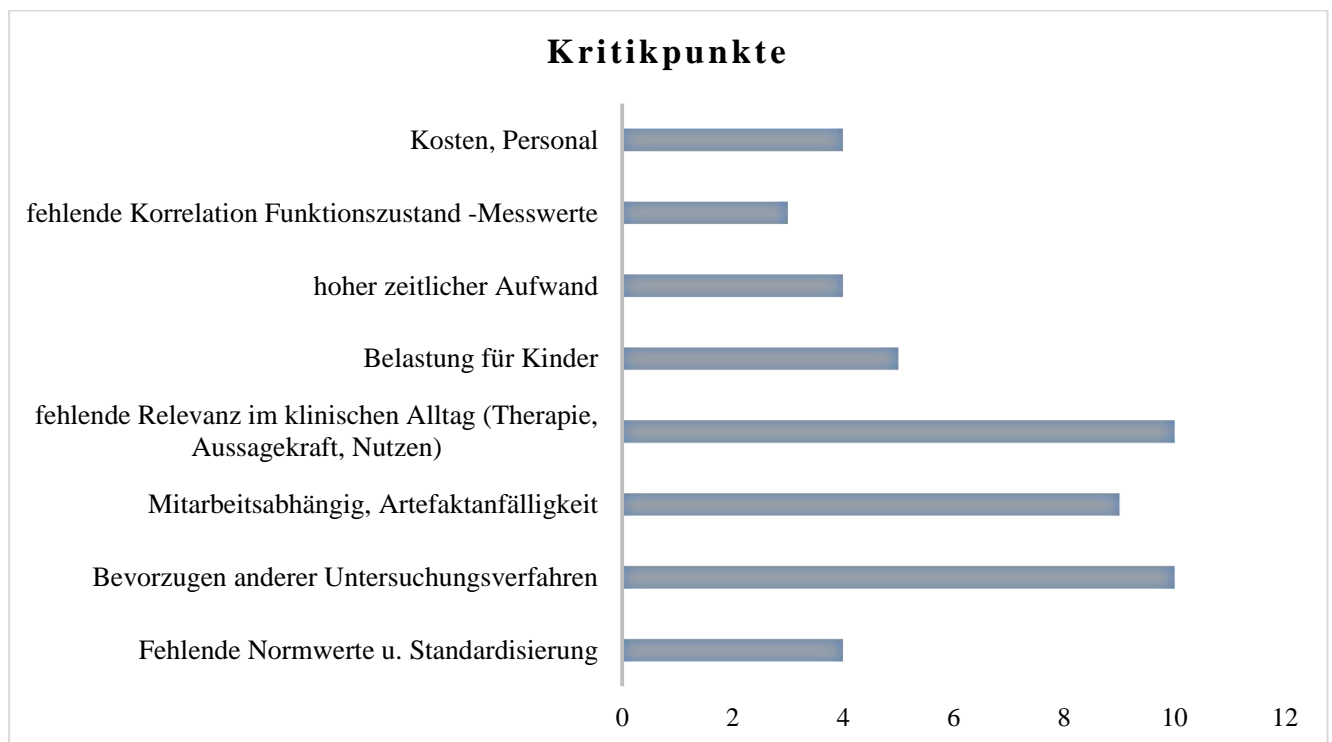


Abbildung 33. Häufigkeit der genannten Kritikpunkte laut Umfrage

In den Kliniken, in denen die Manometrie Anwendung findet, wurden als Hauptindikation die Diagnostik des M. Hirschsprung ( $n = 13$ ; 72 %), die Verlaufskontrolle und Beurteilung des Sphinkters nach anorektalen Operationen ( $n = 10$ ; 56 %), Inkontinenz und Enkopresis ( $n = 6$ ; 33 %) und die Beurteilung der Sphinkterfunktion im Rahmen des Biofeedbacktrainings ( $n = 4$ ; 22 %) genannt. Speziell auf den Einsatz im Rahmen von anorektalen Malformationen haben  $n = 9$  (50 %) Kliniken hingewiesen.

Die technische Ausstattung variiert zwischen den Kliniken. Im Einsatz finden sich Messsysteme mit wasserperfundierten Kathetern ( $n = 4$ ; 22 %), Halbleiterkathetern ( $n = 4$ ; 22 %), gasperfundierten Kathetern ( $n = 4$ ; 22 %) sowie eine HRM-Sonde mit 16 Messpunkten. Die Messsysteme der restlichen Kliniken sind nicht bekannt.

Acht Kliniken haben Angaben zu den Untersuchungsparametern gemacht. Meist waren der Rektoanale Inhibitionsreflex ( $n = 7$ ), Ruhedruck ( $n = 6$ ) und Kneifdruck ( $n = 6$ ) erwähnt, seltener den Hustentest ( $n = 3$ ), Pressdruck ( $n = 2$ ), Compliance-Messung ( $n = 2$ ), Druckprofil ( $n = 3$ ), Dauerkneifen ( $n = 1$ ) und den effektiven Verschlussdruck ( $n = 1$ ). Besonderheiten bei der Messung des RAIR umfassten die Messung in Narkose oder die Insufflation von Luft direkt ins Rektum.



## 4. Diskussion

### 4.1 Normwerterhebung

Vorrangiges Ziel der durchgeführten Studie war die Erhebung altersadaptierter Normwerte für die Manometrie mit Halbleiterkathetern bei Kindern. Die Ergebnisse der gesunden Stichprobe sind in Kapitel 3.1.9 zusammengefasst aufgeführt.

#### 4.1.1 Einfluss des Alters

Unsere Daten weisen darauf hin, dass nach Abschluss der Neonatalperiode kein signifikanter Einfluss des Alters auf die verschiedenen Parameter der anorektalen Manometrie bei Kindern besteht. Die damit verbundene Notwendigkeit altersadaptierter Normwerte entfällt.

#### *Ruhedruck*

Entgegen der Erwartung, dass aufgrund des Wachstums und der Kontinenzentwicklung ein Zusammenhang von Alter und mittlerem Ruhedruck besteht, ergab sich darauf in unseren Untersuchungen, in einem Altersspektrum von elf Tagen bis 14 Jahren, kein Hinweis. Dies steht in Einklang mit der Studie von Schimscha ( $n = 93$  Probanden), in der ebenfalls nur geringfügige Unterschiede zwischen den Altersgruppen auftraten [4].

Neugeborene wurden in der Regensburger Studie nicht untersucht, jedoch legen Publikationen von Kumar ( $n = 90$ ) [5], Tang ( $n = 95$ ) [60] und Holschneider [35] nahe, dass in dieser Altersgruppe niedrigere Ruhedruckwerte zu finden sind. Ab dem Kleinkindalter verändere sich der Druckwert hingegen nicht mehr [5]. Bei Kumar lag ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der Säuglinge und Kindern der Altersgruppen zwei (1 Monat - 1 Jahr) und drei (1 - 12 Jahre) vor, jedoch keiner zwischen letzteren beiden Gruppen [5]. Des Weiteren wiesen Tang et al. verminderte Ruhedruckwerte bei Frühgeborenen im Vergleich zu reifen Neugeborenen nach sowie ansteigende Druckwerte von der Geburt bis zu einem Monat mit anschließender Stabilisierung des Ruhedruckwertes [60].

Neben den Druckänderungen im Neugeborenenalter besteht auch Uneinigkeit darüber, ob der Ruhedruck im höheren Erwachsenenalter wieder abnimmt [2,9,61–63] oder zeitlebens konstant bleibt [31,64,65].

### *Kneifdruck*

Bezüglich des maximalen Kneifdrucks konnte bisher keine signifikante Korrelation von Alter und Druckwerten nachgewiesen werden [4]. Bei den Studienteilnehmern stieg der durchschnittliche Kneifdruck von Altersgruppe drei bis fünf nur geringfügig an. Da Kinder in einem Alter von zwei bis fünf Jahren die Kontrolle über die Stuhlentleerung [66] und damit über den Schließmuskel erlernen, ist der Kneiftest eng mit dem Entwicklungsstand des Kindes verbunden. Normwerte sind daher, insbesondere in dieser Phase, weniger vom Alter als vielmehr vom Zeitpunkt der Erlangung der Kontinenz abhängig.

Von einer Abnahme des Kneifvermögens bei Erwachsenen wird erst wieder in höherem Lebensalter berichtet [2,53,63], was jedoch nicht in allen Studien bestätigt werden konnte [9].

### *Länge des Analkanals*

Abweichend von unseren Untersuchungen, in denen sich kein Zusammenhang von Alter und Länge des Analkanals darstellte, lag in Untersuchungen von Kumar die Analkanallänge der Kinder über einem Jahr signifikant über der der Neugeborenen und Säuglinge [5]. Schimscha wies ebenfalls eine positive Korrelation von Alter und Sphinkterlänge nach [4]. Da unser Kollektiv nur einen geringen Anteil Neugeborener und Säuglinge enthält, ist eine valide Aussage bezüglich der Variabilität der Länge des Analkanals in den ersten Lebensmonaten nicht möglich und müsste anhand einer größeren Fallzahl beurteilt werden.

Insgesamt ist der Einfluss des Alters jenseits der Neugeborenenperiode als gering einzuschätzen. Da die Untersuchung in den ersten Lebenswochen von geringer klinischer Relevanz ist, können folglich einheitliche Normwerte für Manometrieuntersuchungen bei Kindern in allen Altersgruppen herangezogen werden.

#### 4.1.2 Einfluss des Geschlechts

Die vorliegenden Studienergebnisse zeigen für Ruhedruck, Kneifdruck und Sphinkterlänge keinen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe der weiblichen und männlichen Studienteilnehmer. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen der Dissertation von Schimscha [4]. Eine Ausnahme stellt bei männlichen Probanden eine signifikant längere Hochdruckzone dar, sowie ein erhöhter Anteil der Hochdruckzone am Analkanal. Die Mehrzahl der Studien an Erwachsenen gelangte ebenfalls zu dem Schluss, dass es einen signifikanten geschlechts-

spezifischen Unterschied der Analkanallänge gibt [1,3,8,53,67,68], was jedoch nicht in allen Publikationen nachweisbar war [64,69] oder lag nur während des Kneifens vorlag [3].

Da bei Erwachsenen ein Effekt des Geschlechts auch auf andere Parameter beschrieben ist, stellt sich die Frage, ob sich dieser Unterschied anhand einer größeren Fallzahl auch für Kinder bestätigen ließe oder ob sich dieser erst im Erwachsenenalter ausbildet. Der Ruhedruck bei Erwachsenen wurde bei Männern als signifikant höher im Vergleich zu Frauen beschrieben [61,62,65], was jedoch nicht in allen Studien belegt werden konnte [1,2,7,53,67,68]. Beim Kneifdruck besteht hingegen Einigkeit darüber, dass Männer durchschnittlich höhere Werte erzielen als Frauen [1–3,7,53,67,69,70]. Auch die beschriebene höhere Asymmetrie des Sphinkters von Frauen gegenüber Männern [3,68] konnten bei Kindern weder in unserer Studie noch in anderen Veröffentlichungen belegt werden [4,71]. Aus unseren Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass bei Kindern, anders als bei Erwachsenen, geschlechtsunabhängige Normwerte angegeben werden können.

#### 4.1.3 Reproduzierbarkeit der Messungen

Die Basis für ein aussagekräftiges Untersuchungsverfahren ist eine hohe individuelle Reproduzierbarkeit der Werte und ein hohes Maß an Übereinstimmung unter Gesunden. Dies ermöglicht es erst pathologische Ergebnisse zu identifizieren und Kranke von Gesunden zu unterscheiden. Zudem muss gewährleistet sein, dass unterschiedliche Untersucher zum gleichen Ergebnis kommen.

##### *Interindividuelle Reproduzierbarkeit*

Die erhobenen Daten lassen für die Parameter der Manometrie bei gesunden Kindern eine große Streubreite erkennen, wodurch sich eine große Spanne des Normwertebereiches ergibt. Somit ist von einer großen physiologischen Variabilität ohne Auswirkung auf die Stuhlentleerung auszugehen, was jedoch eine Abgrenzung zu pathologischen Messergebnissen erschwert. Auch bei asymptomatischen Erwachsenen wurde eine hohe interindividuelle Variabilität bezüglich Ruhedruck, Kneifdruck, Analkanallänge und rektaler Perzeption beschrieben [13,20,54]. Gleiches gilt, mit Ausnahme der Analkanallänge, auch für eine Studie von Freys et al. [72].

*Intraindividuelle Reproduzierbarkeit*

Unsere Ergebnisse der repetitiven Ruhedruckmessung in stationärer Messtechnik lassen eine mit dem Alter zunehmend bessere Übereinstimmung der Einzelmessungen erkennen. Betrachtet man die Aufzeichnungen kooperativer Probanden im Vergleich zu unruhigen Kindern, wird der Einfluss der Mitarbeit auf die Messgenauigkeit deutlich (vgl. Abbildung 34 und Abbildung 355). Die exakte Platzierung der Marker, die Beginn und Ende einer Ruhephase kennzeichnen, setzt eine korrekte Lage der Sonde und ein stabiles Ruhedruckniveau voraus. In vielen Fällen sind besonders bei Kleinkindern Ruhephasen wie in Abbildung 34 mehrfach durch Bewegungsartefakte unterbrochen und der Entspannungszustand ist nicht sicher zu bewerten. Im Gegensatz dazu ermöglicht die Aufzeichnung in Abbildung 35 eine eindeutige visuelle Identifizierung der Ruhedruckzone und sichere Platzierung der Marker.

Aus diesen Beobachtungen folgend, ist ab einem Alter von drei Jahren bei guter Compliance, in Einklang mit den Ergebnissen von Bharucha [73], Otto et al. [74] und Eckardt [70], eine hohe intraindividuelle Reliabilität der analen Ruhe- und Kneifdruckwerte zu erwarten.

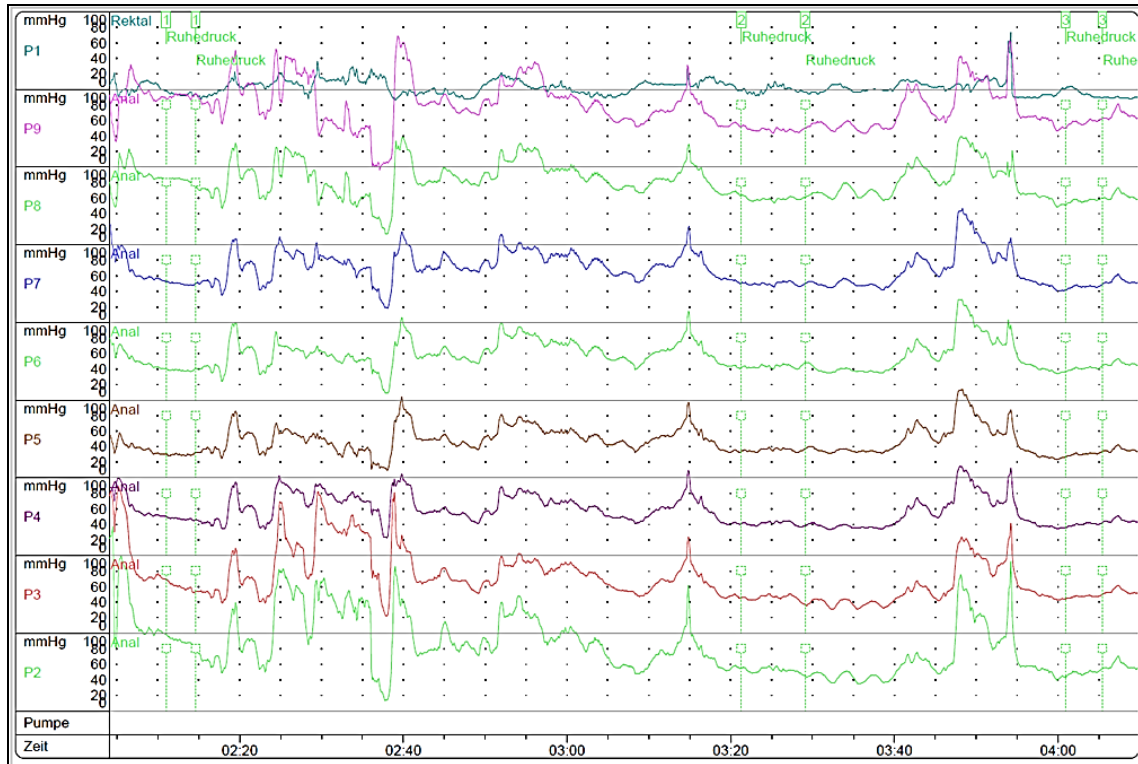


Abbildung 34. Ruhedruck-Aufzeichnung eines jungen, unruhigen Kindes (ID Nr. 298, 1 Jahr)

Anmerkung: zahlreiche Bewegungsartefakte des Kindes, Dokumentation von Ruhephasen ist technisch herausfordernd

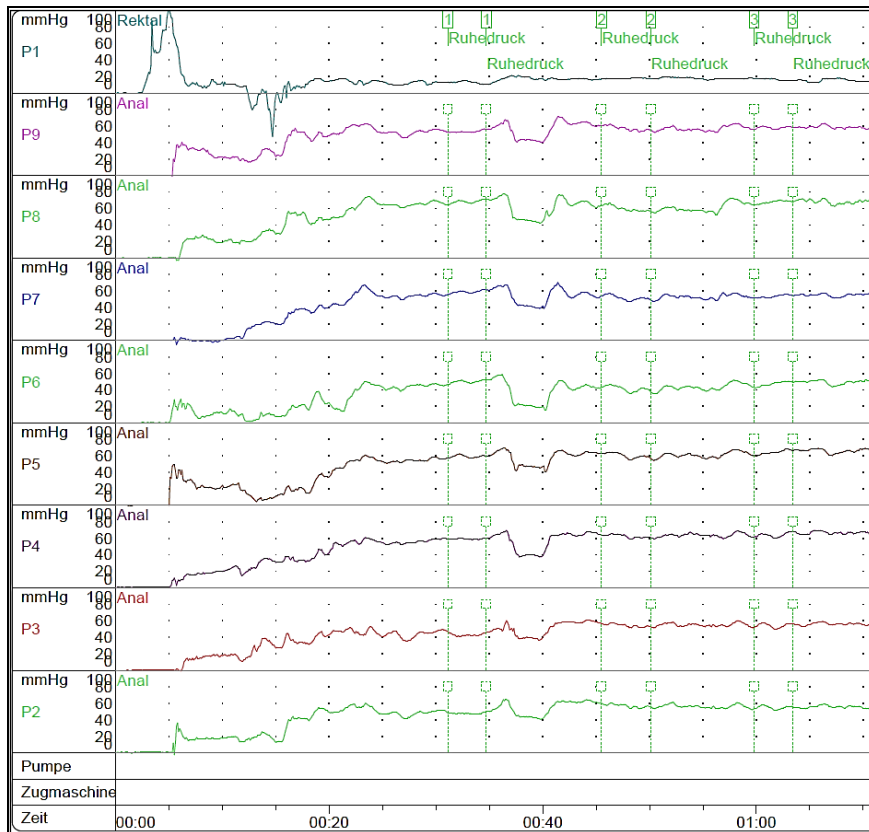


Abbildung 35. Ruhedruck-Aufzeichnung eines älteren Kindes (ID Nr. 266, 9 Jahre)

Anmerkung: lange Ruhephase, in der bis auf die Bewegung des Katheters durch den Untersucher stabile Ruhedruckwerte aufgezeichnet wurden

In der Literatur finden sich jedoch bezüglich der intraindividuellen Reproduzierbarkeit widersprüchliche Meinungen [13]. In einigen Arbeiten wird von einer geringen Übereinstimmung der gemessenen Werte eines Individuums bei repetitiven Messungen berichtet [20,72]. Freys et al. beschreiben eine geringe intraindividuelle Reproduzierbarkeit sowohl zwischen drei aufeinanderfolgenden Einzelmessungen, als auch zwischen Messungen an verschiedenen Tagen, was vor allem Kneifdruck, Inhibitionsreflex und die rektale Compliance betrifft [72]. Die Untersuchungen begründen sich jedoch nur auf einer geringen Fallzahl von 10 Männern. Ähnliche Ergebnisse wurden bezüglich der Analkanallänge [70], des Inhibitionsreflexes [70,72,74] und der Asymmetrie berichtet [70,74].

Eine Erklärung für die intraindividuelle Variabilität des Ruhedrucks bietet das Vorkommen von “slow- und ultraslow waves”, die zu Druckunterschieden von bis zu 20 % führen [53,69,72]. Des Weiteren sind in Langzeitmessungen des basalen Ruhedrucks tageszeitabhängige Druckschwankungen sowohl mit einem zirkadianen, schlafabhängigen Rhythmus als auch mit zyklischen, schlafunabhängigen Schwankungen in Intervallen von 20 bis 40 Minuten beschrieben [75]. Spontane Relaxationen mit hohen interindividuellen Unterschieden

traten bei allen Probanden auf und werden als physiologisch gewertet [75]. Die prozentuale Relaxation nach Balloninsufflation war jedoch morgens und abends gleich [75], was auf eine hohe intraindividuelle Reproduzierbarkeit des RAIR hinweist.

#### *Interrater Reliabilität*

Die Reliabilität der Untersuchung ist des Weiteren durch den Untersucher selbst beeinflusst. Die Beurteilung des rektoanal Inhibitionsreflexes durch zwei unabhängige Ärzte der Klinik St. Hedwig stimmte zu 96 % überein. Ein Vergleich weiterer Parameter durch wiederholte Messungen von verschiedenen Untersuchern wäre wünschenswert, konnte jedoch in dieser Studie nicht realisiert werden.

Publikationen zur Interrater-Reliabilität der Manometrie sprechen ebenfalls von einer hohen Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen mehreren Untersuchern sowohl für die herkömmliche anorektale Manometrie [70] als auch für die 3D-HRM [76]. Dennoch gibt es Hinweise darauf, dass die Erfahrung des Untersuchers ein zu berücksichtigender Einflussfaktor ist [43,77]. Zur Elimination des Untersucherbias sind Folgeuntersuchungen eines Patienten durch den gleichen Arzt anzustreben um die Zuverlässigkeit der Messungen zu erhöhen.

## 4.2 Metaanalyse der publizierten Normwertstudien

Standardisierte Untersuchungsprotokolle, die für die anorektale Manometrie bislang nicht vorliegen, würden maßgeblich zur Steigerung der Validität beitragen. Erst hierdurch kann ein Vergleich der Patienten untereinander und zu einem Normalkollektiv erfolgen. Im Folgenden soll - basierend auf Normwertstudien anderer Autoren (vgl. Tabelle 41) und den in der vorliegenden Arbeit erhobenen Ergebnissen - ein kritischer Blick auf die verschiedenen Messtechniken und Auswertungsmethoden der einzelnen Parameter geworfen werden. Anschließend sollen diejenigen Parameter identifiziert werden, die eine hohe Aussagekraft haben und im klinischen Alltag praktikabel sind.

Tabelle 41 gibt einen Überblick über Veröffentlichungen zur anorektalen Manometrie mit wasserperfundierten und Mikrotransducer-Systemen. Die Studienauswahl wurde anhand einer für unsere Fragestellung interessanten Stichprobenart und einer aussagekräftigen, großen Fallzahl getroffen.

Tabelle 41. Übersicht der veröffentlichten Normwertstudien

Autor (Jahr)	Probanden	Sondenkonfiguration	Messtechnik	Untersuchte Parameter
Loening-Baucke (1985)	Erw. (n = 36)	Mikrotransducer 3; spiralig, 5 cm Abstand, 120° versetzt	sR (1 cm) kR (1 cm/s) Stat.	maxRD, ACL RD (pull through pressure), KD RAIR-Amplitude bei 60ml; Auslösevolumen Wahrnehmung
Pedersen (1989)	Erw. (n = 78)	w.p.	kR (5 mm/s)	ACL, max.RD, max. KD
Felt-Bersma (1991)	Erw. (n = 80)	w.p., 4; spiralig, 0,5 cm Abstand	sR (1 cm) Stat.	max. RD, max.KD, ACL RAIR, Wahrnehmung
Cali (1992)	Erw. (n = 59)	w.p., 8 radiär	k.A.	ACL, max.RD, max. KD Vector symmetry index
Benninga (1994)	Kinder (n = 13)	w.p.; 8; radiär w.p.; 2; 3 cm Abstand	kR (7 mm/s) sR (1 cm)	ACL, max. RD, max. KD, VSI max.RD, max.KD, RAIR-Volumen, Wahrnehmung, Pressen
Rao 2010	Erw. (n = 45)	Mikrotransducer 6; spiralig	Stat.	max.RD, max.KD, max.DKD, Kneifdauer, Pressen (Relaxation, DI) ACL, Wahrnehmung, RAIR-Volumen, Compliance
Schimscha (2004)	Kinder (n = 93)	w.p. 8; radiär	kR (2,5 mm/s)	jeweils in Ruhe und Kneifen: ACL; HDZ; max. Segmentmitteldruck; Entfernung des max. Segmentmitteldrucks von anokutan; VV, Asymmetrieindizes; Gesamtasymmetrie; qualitative Beurteilung der Druckverteilung
Chaliha (2006)	Schwang. (n = 286)	„air-filled microballoon system“	sR (1 cm)	max.RD, max.KD, ACL
Pehl (2007)	Erw. (n = 143)	w.p.; keine weiteren Angaben	sR (1 cm)	RD, KD, Wahrnehmung
Kumar (2009)	Kinder (n = 90)	w.p., 4; spiralig, 1 cm Abstand	sR (0,5 cm) Stat.	ACL, RD, max.KD, RAIR
Gundling (2010)	Erw. (n = 146)	w.p., 8; radiär	sR (1 cm)	max.RD, max.KD, Wahrnehmung
Schizas (2011)	Erw. (n = 24)	w.p. 16; radiär	kR (25 mm/s) sR (5 mm)	Für beide Techniken: Max.RD, mtl.RD, max.KD, mtl.KD, HDZ, Asymmetrie, VV
Schuld (2012)	Erw. (n = 172)	Mikrotransducer	kR (0,5 cm/s)	max.RD, max.KD, rel.KD,
Noelting (2012)	Frauen (n = 62)	HRM 10 x 36 Sensoren	-	max.RD, max.KD, rel.KD, Kneifdauer, HDZ, Pressen mit und ohne Distension (Relaxation, Rektoanaler Gradient), Wahrnehmung
Li (2013)	Erw. (n = 110)	HRM 256 Sensoren	-	maxRD, mtl.RD, max.KD, Dauerkneifzeit, HDZ, Pressen (Relaxation, Rektoanaler Gradient), RAIR, Wahrnehmung
Lee (2014)	Erw. (n = 54)	HRM 23 Sensoren	-	RD, KD, rel.KD, Pressen mit und ohne Distension (Rektoanaler Gradient, Relaxation, DI), Wahrnehmung
Carrington (2014)	Erw. (n = 115)	3D - HRM 257 Sensoren	-	mtl.RD, abs.max.KD, mtl.KD, Dauerkneifzeit, Pressen (analer Druck, Relaxation), Husten, ACL
Tang (2014)	NG (n = 180)	w.p. - HRM 20; spiralig; 0,2 cm Abstand	-	RD, RAIR-Volumen, ACL

Anmerkung: Sondenkonfiguration mit Angabe des Systems (wasserperfundierte w.p. / Mikrotransducer / high resolution manometry HRM), der Anzahl der Druckaufnehmenden Elemente und deren Anordnung (spiralförmig entlang der Katheterachse oder radiär)

Messtechnik: sR = schrittweiser Rückzug mit Abstandsangabe, kR = kontinuierlicher Rückzug mit Geschwindigkeitsangabe, stat. = stationäre Messtechnik



#### 4.2.1 Untersuchungsablauf

Eine einheitliche Vorbereitung des Patienten vermindert mögliche Einfluss- und Störgrößen und schafft gleiche Grundvoraussetzungen für die Manometrieuntersuchung. Im Folgenden werden der Einfluss von Lagerung, Sedativa und abführenden Maßnahmen sowie mögliche Messtechniken diskutiert.

##### 4.2.1.1 Sedativa

Zum Einsatz von Sedativa während der Messung werden unterschiedliche Standpunkte vertreten. Während Keshtgar, Molnar und Holschneider grundsätzlich bei sehr jungen, ängstlichen oder unruhigen Kinder eine Sedierung verwenden [40,41,78], spricht der mögliche Einfluss der Medikamente auf die Messergebnisse und die zusätzliche Belastung der Kinder hingegen gegen deren Einsatz. Ein weiterer Aspekt, den es zu berücksichtigen gilt, ist die fehlende Beurteilbarkeit der willkürlichen Sphinkterfunktion unter Sedierung. Propofol vermindert zudem nachweislich den Ruhedruck [79,80]. Der Inhibitionsreflex wird demgegenüber laut Keshtgar et al. und Paskins et al. weder durch Propofol [79] noch durch Ketamin qualitativ oder quantitativ [78,81] beeinflusst. Raghunath et al. betonen darüber hinaus, dass eine Sedierung die Genauigkeit der Untersuchung des Inhibitionsreflexes erhöhe, da auf diese Weise Bewegungsartefakte vermieden werden [82].

Insgesamt erscheinen die Nachteile der Sedierung im Klinikalltag zu überwiegen und es empfiehlt sich zur bestmöglichen Beurteilung der Sphinkterfunktion eine vollständige Untersuchung mit Press- und Kneiftest im wachen Zustand durchzuführen. In Ausnahmefällen ist bei unruhigen Kindern unter 3 Jahren zum Ausschluss eines M. Hirschsprung eine Sedierung möglich.

##### 4.2.1.2 Digital-rektale Untersuchung und abführende Maßnahmen

Eine digital-rektale Untersuchung vor Beginn der anorektalen Manometrie wird zur Beurteilung des Füllungszustandes der Rektumampulle [12,13] und Ertasten möglicher Pathologien im Analkanal empfohlen.

Es finden sich kontroverse Auffassungen, ob abführende Maßnahmen für eine zuverlässige Evaluation nötig sind oder sogar die Ergebnisse durch Irritationen des Anorektums negativ

beeinträchtigen [13,35,43]. Während in den Studien von Schimscha und Holschneider vollständig auf abführende Maßnahmen verzichtet wird [4,35], nehmen andere Autoren [1,12,13] diese optional bei Stuhlfüllung vor, oder führen sie unabhängig davon bei allen Patienten durch [5]. In den Empfehlungen zur anorektalen Manometrie im Kindesalter von Di Lorenzo und von Hong wird die Verwendung abführender Maßnahmen für optimale Untersuchungsbedingungen, außer bei Säuglingen, angeraten [14,15].

Da es logisch erscheint, dass insbesondere das Einführen eines Ballons sowie der Pressvorgang durch eine gefüllte Rektumampulle beeinträchtigt sind, empfehlen wir bei tastbarer Stuhlfüllung eine spontane Stuhlentleerung oder abführende Maßnahmen in einem Abstand von zwei Stunden vor der Untersuchung anzustreben. Dieses Vorgehen entspricht den Empfehlungen zur Manometrie von Pehl [13] und laut Eckardt et al. komme es durch ein Klistier nicht zur Veränderung der Druckwerte [70].

#### 4.2.1.3 Lagerung des Patienten

Der Patient kann sowohl in Linksseitenlage mit angewinkelten Knien [7,12,13] als auch in Rückenlage [5] in entspannter Position auf der Untersuchungsfläche Platz nehmen. Ein Einfluss auf die Messergebnisse wurde bisher nicht beschrieben. Abdominelle Druckschwankungen durch Bewegung und Anspannung der Bauchmuskulatur sollten vermieden werden, was in unseren Untersuchungen in Rückenlage am ehesten erreicht wurde. Um die Untersuchungsbedingungen zu vereinheitlichen, empfehlen wir daher diese Lage.

#### 4.2.1.4 Messtechniken der Manometrie

Nach dem Austasten des Analkanals und der Rektumampulle wird der Katheter in den Analkanal eingeführt bis dieser im Rektum zu liegen kommt. In dieser Position wird er mindestens 30 Sekunden [4] oder laut Rao et al. bis zu 5 Minuten [12] belassen, um dem Sphinkter Zeit zur Adaptation an den Fremdkörper und zur Relaxation zu geben [12].

Der weitere Untersuchungsablauf variiert je nach verwendeter Messtechnik. Die gebräuchlichsten drei Methoden sind die stationäre Messung, der schrittweise Rückzug und der kontinuierliche Rückzug, die im Folgenden gegenübergestellt werden.

*Stationäre Messtechnik*

Die einfachste Möglichkeit bietet die stationäre Messung. Hierzu wird der Katheter manuell in der Zone des höchsten Druckes im Analkanal platziert. Nach einer Adaptationszeit wird die Messung ohne weitere Katheterbewegung ausgeführt. Diese Methode gibt Aufschluss über lokale Druckwerte und eignet sich insbesondere zum Aufzeichnen von Reflexantworten [14]. Bei Kathetern mit spiralförmig angeordneten Sensoren [8,12] werden auf diese Weise Druckwerte - je nach Abstand der Sensoren - in verschiedenen Zonen des Analkanals gemessen, jedoch gehen auf diese Weise Informationen über zirkuläre Druckverhältnisse innerhalb der Hochdruckzone verloren, die bei Messungen mit zirkulär angeordneten Sensoren aufgezeichnet werden können.

*Schrittweise Rückzugstechnik*

Eine Modifikation dieser Technik, der schrittweise Rückzug, ermöglicht die Untersuchung der Druckverhältnisse auf unterschiedlichen Höhen des Analkanals in mehreren aufeinanderfolgenden Messungen. Der Katheter wird in vorher definierten Abständen von 0,5 - 1 cm Intervallen manuell zurückgezogen und jeweils nach einer Adaptationszeit der Druck bestimmt. Diese auch „stationary pull through“ genannte Technik wird in vielen Studien, vor allem für die Messung des Ruhe- und Kneifdrucks bevorzugt [5,13,14]. Es ist darauf zu achten, dass die Messung jeweils erst nach Erreichen eines stabilen Druckniveaus (nach ca. 10 - 15 s) erfolgt, sodass Irritationen des Sphinkters durch die Katheterbewegung auszuschließen sind. Nachteilig sind der damit verbundene höhere Zeitaufwand im Vergleich zu anderen Techniken [83] und die erforderliche gute Compliance der Patienten.

*Kontinuierliche Rückzugstechnik*

Die dritte Möglichkeit stellt der kontinuierliche Rückzug dar. Der Katheter wird manuell oder automatisch mit Hilfe einer Zugvorrichtung in einer definierten Geschwindigkeit ausgehend vom Rektum bis zum Verlassen des Sphinkterkomplexes zurückgezogen. Während die Sensoren den Analkanal durchlaufen, wird kontinuierlich der Druck aufgezeichnet. Es können sowohl Durchzüge unter Ruhebedingungen als auch während des Kneifens erfolgen. Mithilfe eines Softwareprogrammes wird ein Druckprofil erstellt, aus dem verschiedene Werte berechnet werden. Zusätzlich ist eine Erstellung eines dreidimensionalen Modells der Druckverhältnisse des Analkanals möglich.

*Vergleich der Techniken*

Der Vergleich der drei Techniken zeigt, dass jede Technik für sich valide ist, jedoch einen Einfluss auf die Höhe der gemessenen Werte hat [83]. Die stationäre Messtechnik liefert im Schnitt die niedrigsten Messergebnisse [83]. Der Vergleich der Rückzugstechniken zeigt für den kontinuierlichen Rückzug sowohl in Ruhe [6] als auch während des Kneifens [3,6] höhere Werte als der schrittweise Rückzug [84]. Als Ursache hierfür sind Bewegungsartefakte und eine Reaktion des Sphinkters auf die Bewegung des Katheters beim kontinuierlichen Rückzug in Betracht zu ziehen [6,84]. Die Messergebnisse des kontinuierlichen Durchzugs variieren zudem mit der Rückzugsgeschwindigkeit. Schizas konnte in einer Studie bei der Verwendung der höheren Geschwindigkeit von 25 mm/s im Vergleich zu 3 mm/s signifikant höher Werte des Vektorvolumens („resting vector volume“), der Länge der Hochdruckzone sowie eine höhere intraindividuelle Reproduzierbarkeit nachweisen [3].

Welche Werte am ehesten dem wahren Druck entsprechen, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, jedoch sollten Messungen zur besseren Vergleichbarkeit stets mit der gleichen Technik erfolgen.

*Auswahl der Messtechnik im Kindesalter*

Wendet man die beschriebenen Aspekte auf die Untersuchung von Kindern an, erscheint im klinischen Alltag die stationäre Messtechnik für die Parameter Ruhedruck, Kneifen, Dauerkneifen, Pressen, RAIR und Husten die praktikabelste und verlässlichste Methode zu sein. Die schrittweise Rückzugstechnik ist aufgrund des hohen Zeitaufwandes bei Kindern nicht geeignet, was im Besonderen für die Kneifdruckmessung gilt. Der kontinuierliche Durchzug scheitert häufig aufgrund von Artefakten durch Bewegung oder Abwehr, sodass dieser bei Kleinkindern unzuverlässige Ergebnisse erwarten lässt [83]. Unter günstigen Untersuchungsbedingungen kann optional der kontinuierliche Durchzug zur Messung der Länge des Analkanals und der Hochdruckzone, des mittleren und maximalen Analdrucks und der Asymmetrie zur Ergänzung bei speziellen Fragestellungen durchgeführt werden.

#### 4.2.2 Auswahl der Messparameter

Im Folgenden werden die einzelnen Parameter der anorektalen Manometrie basierend auf einer Metaanalyse der in der Literatur verwendeten Auswertungsschemata analysiert. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage nach ihrer Aussagekraft und kindgerechten Handhabbarkeit. Hierfür wurden Studien ausgewählt, die ein vergleichbares oder durch die Größe interessantes Patientenkollektiv aufweisen sowie mit ähnlichen Messsystemen, Messtechniken und Auswertungsschemata arbeiten (Tabelle 41).

Die verschiedenen Tests während der Manometrieuntersuchung dienen der Beurteilung unterschiedlicher Mechanismen und Komponenten des Kontinenzorgans. Die exakte Zuordnung der gemessenen Druckwerte zu internem oder externem Muskelanteil ist jedoch mit der herkömmlichen Manometrie aufgrund der Überlappung der Muskelanteile kaum möglich [42,47], was die diagnostische Aussagekraft einschränkt. Dennoch kann der Druckanstieg während des Kneifens hauptsächlich zur Funktionsprüfung des externen Sphinkters herangezogen werden, der Ruhedruck und der Druckabfall während des Inhibitionsreflexes geben hingegen Rückschluss auf den Funktionszustand des internen Sphinkters [42].

Es finden sich zahlreiche Arten der Mess- und Analyseverfahren des Ruhe- und Kneifdrucks, was unter anderem bereits durch die Katheterkonfiguration bedingt ist. Es muss zudem mit einem Einfluss des Sondendurchmessers [85], der Perfusionsgeschwindigkeit bei wasser-perfundierten Systemen und der Rückzugsgeschwindigkeit gerechnet werden [3].

Aus den aufgezeichneten Werten können lokale Einzelwerte, über die Zirkumferenz gemittelte Werte sowie maximale oder durchschnittliche Werte des gesamten Analkanals berechnet werden. Eine radiäre Anordnung der Messpunkte [3,4] erlaubt die simultane Messung des Drucks über die gesamte Zirkumferenz des Analkanals. Dadurch kann bereits in stationärer Messtechnik eine Aussage über radiäre Symmetrieverhältnisse getroffen werden. Zur Beurteilung mehrerer Abschnitte des Analkanals ist hingegen eine der Durchzugstechniken anzuwenden. Im Gegensatz dazu kann eine spiralförmige Anordnung der Perfusionsöffnungen oder Sensoren [5,8] entlang des Katheters gleichzeitig die Druckwerte entlang des Analkanals messen, ohne jedoch eine Aussage über deren radiäre Verteilung treffen zu können.

## 4.2.2.1 Ruhedruck

Tabelle 42 gibt einen Überblick über Ruhedrucknormwerte aus verschiedenen Publikationen in Abhängigkeit der Messtechnik.

Tabelle 42. Vergleich der publizierten Ruhedrucknormwerte

Messtechnik	Autor	n	Probanden	Ruhedruck [mmHg]		
				Gesamt ( $M \pm SD$ )	w ( $M \pm SD$ )	m ( $M \pm SD$ )
Stationäre Messtechnik	Rao '10	45	Erwachsene	$68 \pm 6^5$	$65 \pm 9^5$	$72 \pm 8^5$
	Molnar '83	11	7 Mo – 16 J	$28,8 \pm 2,28$ (Internus) $19,05 \pm 2,2$ (Externus)		
	Aaronson '72	30	3Tage – 9 J	$27,95$		
Schrittweiser Rückzug	Loening-	36	66-81J	$53 \pm 15$	$50 \pm 13$	$63 \pm 12$
	Baucke '85		21-40J	$60 \pm 13$		
	Diamant '87	22	$M = 27$ J		$103,9 \pm 23$	$94,4 \pm 18,3$
	Felt-Bersma '91	80	Erwachsene	$66 \pm 20^*$	$63 \pm 19^*$	$68 \pm 21^*$
	Benninga '94	13	Kinder	$55 \pm 16$		
	Rao '99	40	Erwachsene	$67$ (59-74)	$64$ (53-75)	$71$ (52-90)
	Pehl '07	143	< 60 Jahre		$79^2$	$87^2$
			60-79 Jahre		$75^2$	$72^2$
			> 70 Jahre		$47^2$	$67^2$
	Kumar '09	90	0 – 1 Monat	$31,07 \pm 11$		
			1 Mo – 1 Jahr	$42,43 \pm 8,19$		
			> 1 Jahr	$43,43 \pm 8,8$		
	Gundling '10	146	Erwachsene		$64^2$ (17-126)	$67^2$ (30-142)
	Schizas '11	24	Erwachsene		$83,83 \pm 25,06$	$89,58 \pm 45,44$
	Chaliha '07	283	Schwangere		$59,3 \pm 15,3$	
Kontin. Rückzug	Schimscha '04	93	Kinder	$99,8^4$		
	Loening-	36	66-81J	$111 \pm 40$	$104 \pm 18$	$129 \pm 39$
			21-40J	$122 \pm 24$		
	Diamant '87	22	$M = 27$ J		$103,9 \pm 23$	$94,4 \pm 18,3$
	McHugh '87	37	20-29 J		$102,3 \pm 19,9$	$101,2 \pm 20,5$
	Pedersen '89	78	Erwachsene		$46(40 - 58)^6$	$60(51 - 98)^6$
	Benninga '94	13	Kinder	$109 \pm 25,5$		
	Smith	35	Erwachsene	$88$ (43 - 164)		
	Schizas '11	24	Erwachsene		$100,54 \pm 30,22$	$88,08 \pm 34,84$
	Schuld '12	172	Erwachsene	$65,8^3$ ( $62,2 - 69,4$ ) <sup>5</sup>	$63,1 \pm 2,7^3$ ( $57,6 - 68,5$ ) <sup>5</sup>	$67,5 \pm 2,4^3$ ( $62,7 - 72,3$ ) <sup>5</sup>
HRM	Li '13	110	Erwachsene		$68,5 \pm 2,4$	$69,5 \pm 2,2$
	Carrington '14	115	Erwachsene		$65 \pm 19$	$73 \pm 23$
	Lee '14	54	Erwachsene		$32$ (24 - 42) <sup>4</sup>	$46$ (39 - 56) <sup>4</sup>
	Noelting '12	62	Frauen < 50J		$88 \pm 3^3$	-
			> 50J	-	$63 \pm 5^3$	-

<sup>1</sup> von cmH<sub>2</sub>O in mmHg umgerechnet, <sup>2</sup> Median (Range), <sup>3</sup> Median  $\pm$  SEM, <sup>4</sup> Median (IQA), <sup>5</sup> M (95 % KI), <sup>6</sup> Median (95 % KI), \* Referenz rektaler Ruhedruck

Der Ruhedruck wird zu 70 - 85 % vom M. sphincter ani internus aufgebaut [19] und gibt Hinweise auf den Funktionszustand des Muskels. Dadurch können muskuläre oder neuronale Läsionen identifiziert werden [19,27]. Gebräuchliche Angaben in der Literatur sind der maximale Ruhedruck [1,8] und der mittlere Ruhedruck [5,86], aber auch der „minimaler zirkulärer Ruhedruck“ [13] oder „maximaler Segmentmitteldruck“ [4] werden beschrieben.

#### *Mathematische Berechnung des Ruhedrucks*

In Tabelle 42 wird eine große Variabilität der Ruhedruckwerte selbst unter Verwendung der gleichen Messtechnik und des gleichen Messsystems deutlich. Ursächlich ist vermutlich die Analysemethode, was somit insbesondere ein mathematisches Problem darstellt. Aufzeichnungsdauer, Auswahl der Messpunkte zur Berechnung von Durchschnittswerten und Referenzwert variieren. Als Referenzwert wird der atmosphärische [2] oder der rektale Druck angegeben [12,13,53]. Die fehlende Standardisierung diesbezüglich hat zur Folge, dass jeder Autor sein eigenes Vorgehen neu definiert und so eine unübersichtliche Anzahl an Auswertungsschemata entstanden ist. Die sich daraus ergebende Schwierigkeit im Vergleich der Werte sollen im Folgenden anhand einiger Beispiele der Ruhedruckmessung in schrittweiser Rückzugstechnik verdeutlicht werden.

Kumar verwendete eine Sonde mit spiralig angeordneten Perfusionsöffnungen. Es wurde zunächst für jeden Kanal ein Mittelwert aus drei Positionen berechnet und anschließend ein Mittelwert der vier Kanäle gebildet [5].

In „Minimum standards of anorectal manometry“ von Rao et al. wird empfohlen in schrittweiser Rückzugstechnik jeweils den maximalen Ruhedruck als Durchschnittswert eines 1-minütigen Kurvensegments zu messen und anschließend aus den drei höchsten gemessenen Werten aus drei Durchzügen ein Mittelwert für den maximalen Ruhedruck zu errechnen [12]. In den deutschen Leitlinien zur anorektalen Manometrie wird die Messung des höchsten Ruhedrucks im Verlauf des Analkanals als „Mittelwert oder Median des Maximaldrucks aller Einzelmessungen“ gefordert. Als Ergebnis wird der minimale zirkuläre Wert von drei Messungen angegeben [13].

Andere Autoren machen hingegen keine genauen Angaben zum Rechenweg. Im Kapitel „Funktionsdiagnostik in der Gastroenterologie“ wird lediglich die Berechnung eines Durchschnittswertes dreier Messungen in schrittweiser Rückzugstechnik gefordert [86].

*Messtechnik der Ruhedruckbestimmung*

In der vorliegenden Studie wurde der mittlere maximale Analdruck der dynamischen Durchzugsmessung mit dem mittleren Ruhedruck der stationären Messung verglichen. Beide Messtechniken zielen darauf ab, die Hochdruckzone des Sphinkters in Ruhe zu bestimmen. Bei beiden Parametern handelt es sich um eine zirkulär gemittelte Druckaufzeichnung am Ort des höchsten Drucks. Im Gegensatz dazu ist der mittlere Analdruck ein über die Länge des Analkanals gemittelter Wert. Abbildung 36 veranschaulicht die beiden Messtechniken.

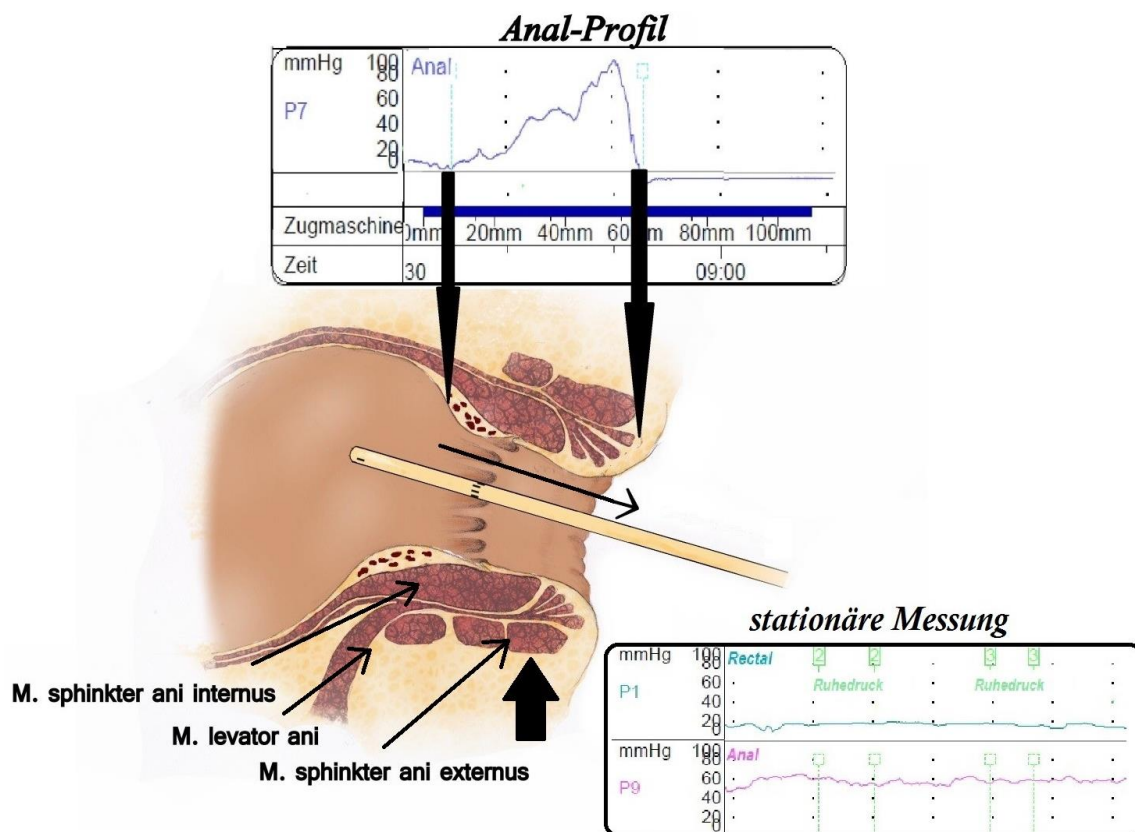


Abbildung 36. Schematische Zeichnung des Analkanals zur Darstellung der Ruhedruckmessung in stationärer Messtechnik (unten rechts) und in Rückzugstechnik (oben)

Trotz gleicher technischer Voraussetzung und Stichprobe war der maximale Analdruck, entgegen der Erwartung, mit durchschnittlich 124,7 mmHg doppelt so hoch wie der mittlere Ruhedruck mit 58,3 mmHg. Es stellt sich die Frage, welcher der beiden Werte den „wahren Wert“ darstellt, die beste Aussage über Kontinenz zulässt und somit als diagnostischer und prognostischer Faktor nutzbar ist. Da der mittlere maximale Analdruck eine größere Streuung und damit eine höhere interindividuelle Variabilität zeigt, erscheint der mittlere Ruhedruck zuverlässiger.



Die Werte des mittleren Ruhedrucks aus der stationären Messung und des mittleren Analdrucks aus der Durchzugsmessung zeigen eine gute Übereinstimmung, obwohl sie auf unterschiedlichen Berechnungen beruhen. Während der mittlere Analdruck den Mittelwert des gesamten Analkanals abbildet, spiegelt der mittlere Ruhedruck lediglich einen in der Hochdruckzone liegenden Bereich wieder. Die gute Übereinstimmung und die positive Korrelation der beiden Parameter ( $r = 0,560$ ;  $p = 0,001$ ) lässt sie zur Bewertung des Ruhedrucks gleichwertig erscheinen.

In der Untersuchung von Patienten stellte sich heraus, dass die drei Parameter je nach Krankheitsbild eine unterschiedliche Wertigkeit besitzen. Während der mittlere Analdruck bei Patienten mit Obstipation die beste Abgrenzung zu Gesunden zeigt, war dies bei Patienten mit Inkontinenz der maximale Analdruck. Der mittlere Ruhedruck hingegen war sowohl bei Obstipation als auch bei M. Hirschsprung signifikant zur Diskrimination Kranker und Gesunder geeignet. Eine abschließende Aussage über den Parameter mit der besten Validität lässt sich somit nicht machen, zumal bei M. Hirschsprung die Messung in stationärer Messtechnik und Rückzugstechnik entgegengesetzte Ergebnisse erbrachte.

#### *Ruhedruckmessung im Kindesalter*

Für pädiatrische Untersuchungszwecke empfiehlt sich primär die stationäre Messtechnik, die durch den geringeren Zeitaufwand [83] praktikabler, weniger durch Bewegungsartefakte gestört und in jedem Alter durchführbar ist. Bei Auffälligkeiten oder fraglichen Werten kann zusätzlich die Bestimmung des mittleren und maximalen Analdrucks erfolgen.

##### 4.2.2.2 Kneifdruck

Der Kneifdruck wird durch die quergestreiften M. sphincter ani externus, den M. puborectalis und der M. levator ani [18] erzeugt und lässt damit Rückschluss auf die willkürlich steuerbaren Muskelanteile des Kontinenzorgans zu. Verminderte Kneifdruckwerte können ein Hinweis auf muskuläre Schwäche, neuronale Schäden, Koordinationsstörungen oder mangelnde Mitarbeit des Patienten sein [27,56].

Äquivalent zum Ruhedruck kann mittels kontinuierlichem Rückzug [4], schrittweisem Rückzug [2,84] oder in stationärer Messtechnik [5,72,73,86,87] der Kneifdruck ermittelt werden. Unter Verwendung des schrittweisen Rückzugs wird der Patient auf vorher definierten Intervallen entlang des Analkanals jeweils zum Kneifen aufgefordert. Bei dem

kontinuierlichen Rückzug muss der Patient während des gesamten Rückzugs die Kontraktion des Schließmuskels aufrechterhalten. Die Kneifdauer reicht in den vorgestellten Studien von 5 s [11] bis zu 30 s [5,12].

In den meisten Veröffentlichungen findet sich die Angabe des maximalen Kneifdrucks, dessen absoluter Wert jedoch bedingt durch die Katheterkonfiguration, die Messtechnik und die Auswertungsmethode stark variiert. Folglich weisen die publizierten Normwerte einen großen Wertebereich zwischen 75 mmHg bei Frauen [11] bis zu 293 mmHg bei jungen Männern auf [6] (vgl. Tabelle 43).

Tabelle 43. Vergleich der publizierten Kneifdruckwerte

Technik	Autor	n	Probanden	Max. Kneifdruck [mmHg]		
				Gesamt ( $M \pm SD$ )	w ( $M \pm SD$ )	m ( $M \pm SD$ )
Stationär	Rao '10	45	Erwachsene	164 (150-178) <sup>5</sup>	143 (124-162) <sup>5</sup>	193 (175-211) <sup>5</sup>
Schrittweiser Rückzug	Loening-Baucke '85	36	66 - 81 J 21 - 40 J	194 ± 62 204 ± 54	159 ± 45	238 ± 38
	Felt-Bersma '91	80	Erwachsene		102 ± 36	183 ± 73
	Benninga '94	13	Kinder	293 ± 61		
	Rao '99	40	Erwachsene	138 (124-152)	117 (100-134)	163 (126-200)
	Bharucha '04	19	Frauen		149 ± 11, <sup>1</sup>	
			< 60 Jahre		172 (61-363)	239 (75-468)
	Pehl '07	143	60 - 79 Jahre		146 (81-227)	211 (86-346)
			> 70 Jahre		125 (43-209)	188 (96-284)
	Kumar '09	90	Kinder	2-3fache des RD		
	Gundling '10	146	Erwachsene		151 (64-418) <sup>2</sup>	201 (69-413) <sup>2</sup>
	Schizas '11	24	Erwachsene		157,08 ± 50,74	256,08 ± 71
Kontinuierlicher Rückzug	Schimscha '04	93	Kinder	172,9		
	Loening-Baucke '85	36	66 - 81 J. 21 - 40 J.	194 ± 62 204 ± 54	159 ± 45	238 ± 38
	Benninga '94	13	Kinder	210 ± 36,4		
	Schuld '12	172	Erwachsene	128 ± 2,4 <sup>3</sup>	113,8 ± 3,7 <sup>3</sup>	137 ± 2,7 <sup>3</sup>
	Pedersen '89	78	Erwachsene		103 (78-190) <sup>5</sup>	163 (76-234) <sup>5</sup>
	McHugh '87	34	20-29 J.		172,8 ± 43,9	237,6 ± 80,5
	Schizas '11	24	Erwachsene		148,54 ± 39,39	191,16 ± 55,92
HRM	Noelting '12	62	Frauen < 50 J. > 50 J.		167 ± 6 <sup>3</sup> 162 ± 12 <sup>3</sup>	
	Carrington '14	115	Erwachsene		225 ± 89	290 ± 155
	Lee '14	54	Erwachsene		75 (61-89) <sup>4</sup>	178 (140-212) <sup>4</sup>

<sup>1</sup> von cmH<sub>2</sub>O in mmHg umgerechnet, <sup>2</sup> Median, (Range), <sup>3</sup> Median ± SEM, <sup>4</sup> Median (IQA), <sup>5</sup> M (95 % KI), <sup>6</sup> Median (95 % KI)

Die verschiedenen Auswertalgorithmen, auf denen die Berechnung des Kneifdrucks in den einzelnen Studien basiert, bietet eine Erklärung der große Variabilität der Druckwerte. Als Referenzwert, von welchem aus der Druckanstieg während des Kneifens gemessen wird, wird wahlweise der rektale Ruhedruck [53], der atmosphärische Druck [2,3,7] oder der anale Ruhedruck [7,62,72] festgelegt. Synonym wird die Druckdifferenz zum analen Ruhedruck auch als relativer Kneifdruck oder voluntary sphincter force [87] bezeichnet.

Rao gibt den maximalen Kneifdruck als Mittelwert der drei höchsten Einzelwerte aus drei Versuchen an [8], Pehl empfiehlt die Berechnung eines maximalen zirkulären Wertes aus drei schrittweisen Rückzügen [13], Kumar verwendet den maximal erreichten Druck aus drei stationären Messungen [5]. Weiterhin kann der Kneifdruck als Mittelwert aller Druckmaxima in stationärer Messtechnik [86,87] oder wie von Bharucha empfohlen als Mittelwert der radiären Vektoren aller vier Quadranten angegeben werden [73].

Es ist fraglich, ob ein Spitzendruck, der an einer Stelle im Analkanal gemessen wird [31] oder ein über alle zirkulär angeordneten Sensoren gemittelter Maximaldruck die bessere Aussagekraft über die globale Sphinkterfunktion hat. In der vorliegenden Studie zeigte sich bei gesunden Kindern eine große Streubreite von 102 mmHg bis 510 mmHg des absolut maximalen Kneifdrucks, der an einem der Sensoren registriert wurde (abs.max.KD). Jedoch ist unklar, ob dieser Wert tatsächlich auf eine anatomische Asymmetrie der Muskelstärke oder Narben zurückzuführen ist, einen Messfehler darstellt, der unterschiedlichen Mitarbeit der Kinder geschuldet ist oder ein technisches Problem der verwendeten Halbleitersonde darstellt. Da der Analkanal kein idealer Zylinder ist, wäre ebenfalls denkbar, dass die Sonde fälschlicherweise zu hohe Werte ausgibt, wenn sie sich durch die Krümmung des Analkanales oder Schleimhautfalten verkeilt oder komprimiert wird. Der absolute maximale Kneifdruck, an einem Punkt gemessen, scheint folglich störanfälliger als zirkulär gemittelte Werte zu sein.

#### *Spezifika bei der Untersuchung von Kindern*

Die Kneifdruckuntersuchung bei Kindern wird maßgeblich durch das Verständnis und die Mitarbeit limitiert. Der Aufforderung, gezielt den Schließmuskel anzuspannen, kann erst ab einem Alter von drei bis fünf Jahren Folge geleistet werden [5]. Bei jüngeren Kindern ergibt eine standardmäßige Erhebung dieses Parameters keine validen Werte. Der Kneifdruck kann meist nicht über einen längeren Zeitraum konstant aufrechterhalten werden, sodass die maximale Kneifleistung nur in den ersten Sekunden erbracht wird, es danach jedoch schnell zu einer Ermüdung und damit zum Druckabfall kommt. Folglich würde die Durchzugstechnik

zu Messfehlern führen, da die im distalen Analkanal registrierten Werte bereits dem Ermüdungseffekt unterliegen und nicht den maximalen Kneifdruck wiedergeben. Mehrfachmessungen sind erforderlich um die bestmögliche Kneifleistung beurteilen zu können und eine Variabilität durch Lerneffekt oder Ermüdung auszuschließen.

Zusammenfassend ist bei Kindern eine dreimalige Messung von 3-Sekundenintervallen in stationärer Messtechnik mit anschließender Auswertung des besten Kneifversuchs empfehlenswert, welche die höchste Aussagekraft über das Kontraktionsvermögen des äußeren Sphinkters zu bieten scheint.

#### 4.2.2.3 Dauerkneifen

Das Dauerkneifen ist vom Ablauf ähnlich der normalen Kneifdruckmessung, jedoch über einen definierten Zeitraum von beispielsweise 20 s [88], 40 s [89] oder bis zur Ermüdung des Muskels [90]. Die optimale Messung sieht einen anfänglichen Spitzenkneifdruck mit nachfolgender Plateauphase vor. Abbildung 37 veranschaulicht die Aufzeichnung, wie sie laut Rao et al. bei gesunden Menschen beobachtet werden kann [12].

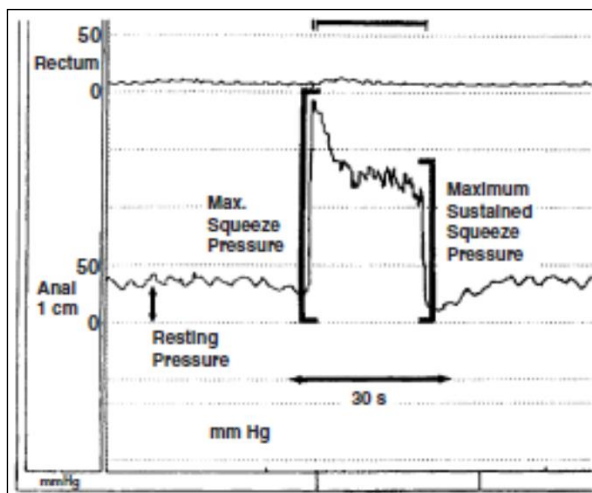
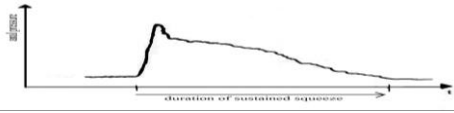
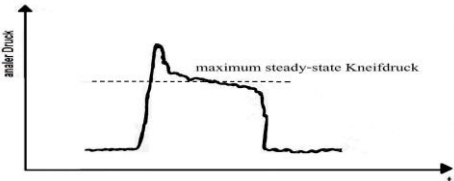
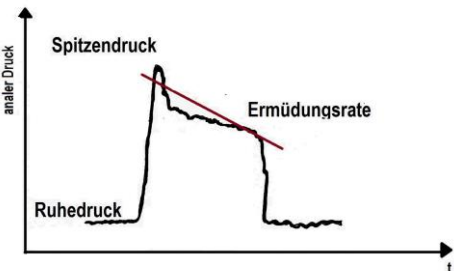
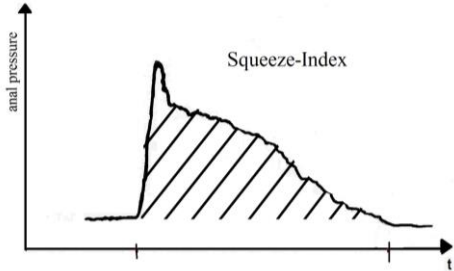


Abbildung 37. Aufzeichnung der Dauerkneifdruckmessung nach Rao et al. über 30 s mit den Parametern max. Kneifdruck und max. Dauerkneifdruck [12]

Es finden sich zahlreiche weitere Ansätze zur Auswertung der Dauerkneifdruckkurve, von denen sich bisher keine durchsetzen konnte. Neben dem Spitzendruck (maximaler Kneifdruck), können Parameter, wie der „maximale steady-state Kneifdruck“ als Mittelwert

der Plateauphase [84] oder die Ermüdungsneigung berechnet werden. Eine graphische Darstellung zur Veranschaulichung der einzelnen Parameter ist in Tabelle 44 zu sehen.

Tabelle 44. Parameter der Dauerkneifdruckmessung

Parameter	Studie	Beschreibung
Duration of sustained squeeze 	Ashraf 1994  Li 2013  Rao 2002	Zeit bis zum Abfall des Kneifdrucks auf den Ruhedruck [90] oder  Zeit mit Druck > 50 % des max.KD [12]
maximaler steady-state Kneifdruck 	Rao 1997	Mittelwert der stabilen Plateauphase
Fatigue rate Index (FRI) 	Marcell 1998  Telford 2004	$\text{FRI}(\text{mmHg}/\text{min}) = \frac{(\text{Spitzendruck} - \text{max. Ruhedruck})}{\text{Ermüdungsrate} *}$ *Ermüdungsrate wird aus dem Druckverlauf des 20 s [88] bzw. 40 s [89] – Kneifintervalls mittels linearer Regressionsgleichung errechnet
Squeeze-Index 	Ashraf 1994	Fläche unter der Kurve während eines 60 s - Kneifintervalls

Ein als vielversprechend beschriebener Parameter ist die von Marcello et al. 1998 untersuchte Ermüdungsrate, beziehungsweise der „fatigue rate index“ (FRI) des externen Sphinkters. Marcello et al. beschreiben, wie auch an diese Methode angelehnte Studien von Telford und von Papathanasopoulos, dass sich der FRI zwischen Gesunden und Inkontinenten signifikant unterscheidet und mit dem Schweregrad der Inkontinenz korreliert [88,89,91]. Dieser Parameter könnte daher in der Diagnostik inkontinenter Patienten eingesetzt werden und zur Beurteilung des Therapieverlaufs bei Biofeedbacktraining hilfreich sein [88]. Dem

widersprechen die Ergebnisse einer Studie von Bilali aus dem Jahr 2005, aufgrund derer er den FRI nicht als hilfreich in der Bewertung der Stärke des M. sphincter ani externus erachtet [92]. In unseren Untersuchungen zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Ermüdungsneigung zwischen Gesunden und Kranken, vielmehr fiel der starke Einfluss der Mitarbeit auf die Höhe der gemessenen Werte auf.

Die Fläche unter der Kurve, auch als Zwick-Index oder „area under the curve“ bezeichnet, ist ein Maß für die Gesamtkraft, die während eines definierten Intervalls aufgebracht werden kann. Sie weist jedoch in unserer gesunden Stichprobe eine große Streubreite ( $SD = 399$  mmHg) mit einer Range von 34 mmHg bis 1411 mmHg auf und ist ebenfalls stark von der Mitarbeit der Patienten abhängig. Der signifikante Unterschied, der zwischen Inkontinenten und Gesunden sowie zwischen Patienten mit Enkopresis und Gesunden vorliegt, ist daher nicht sicher auf die Krankheit selbst zurückzuführen.

#### *Dauerkneiftest bei Kindern*

Während unserer Untersuchung zeigte sich, dass es Kindern schwer fällt einen konstanten Kneifdruck aufzubauen. Trotz verbesserter Kontrolle über die Beckenbodenmuskulatur mit zunehmendem Alter, konnten bei den über Zehnjährigen nur 78 % der Kinder den Test korrekt durchführen. Die Aufzeichnungen der anderen Kinder zeigten zacken- und wellenartige Druckschwankungen, eine frühzeitige Ermüdung oder einen kompensatorischen Einsatz der Bauch- oder Glutealmuskulatur. Abbildung 39 zeigt Beispiele der aufgezeichneten Dauerkneifversuche der gesunden Stichprobe. Weichen die Aufzeichnungen zu weit von der Norm ab, ist eine Auswertung der Parameter, wie die Ermüdungsneigung oder den FRI, nicht sinnvoll.

Während die Mittelwerte der Ermüdungsneigung, der Fläche unter der Kurve und des mittleren Dauerkneifdrucks im Vergleich der drei Altersgruppen eine gute Übereinstimmung vermuten lassen (Abbildung 38, rechts), werden bei Betrachtung der Werte in Abhängigkeit vom Umsetzungsvermögens deutliche Unterschiede erkennbar (Abbildung 38, links). Die Diagramme in Abbildung 38 veranschaulichen diesen Zusammenhang am Beispiel der FUK.

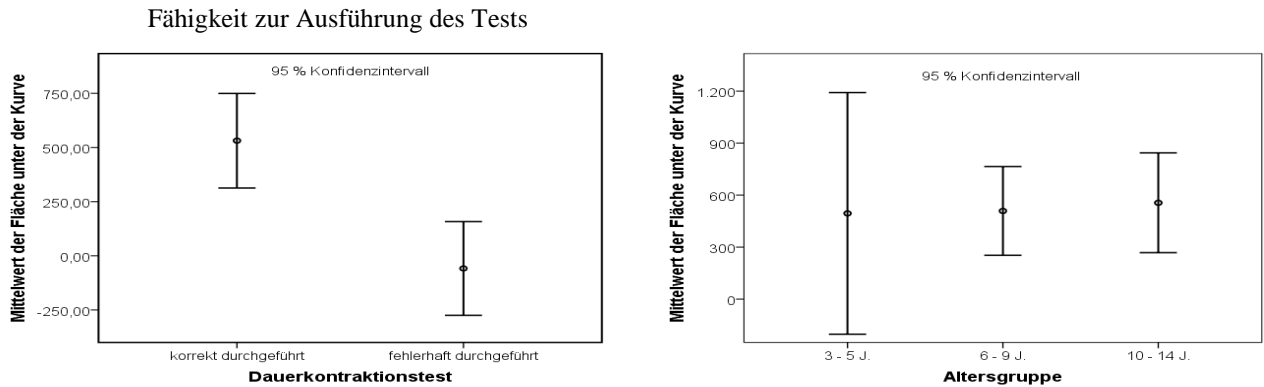


Abbildung 38. Vergleich der FUK in Abhängigkeit von korrekter Ausführung und Alter der Patienten

Im Alter von drei bis fünf Jahren ist die Streuung der gemessenen Werte am größten. Dies kann als Unvermögen der Kinder aufgefasst werden, die Aufforderung umzusetzen. Es liegt ein signifikanter Unterschied der Mittelwerte der FUK zwischen der Gruppe „fehlerhaft“ und „korrekt“ durchgeführten Untersuchungen vor. Eine aussagekräftige Interpretation der Messwerte ist folglich erst nach visueller Beurteilung des Dauerkneifversuches möglich. Eine rein quantitative Betrachtung der Werte würde einen falschen Eindruck des Kneifvermögens erwecken. Der Zusammenhang der Messwerte mit dem tatsächlichen Dauerkneifvermögen soll im Folgenden an drei Beispielen in Abbildung 39. Beispiele des Dauerkneifversuchs erörtert werden. Obwohl die Messwerte des Studienteilnehmers ID 244 für eine gute Dauerkneifleistung sprechen, zeigt die Druckkurve ein oszillierendes Muster. Im Vergleich dazu erreicht Proband ID 234, trotz guter Ausführung des Manövers, schlechtere Messergebnisse. Zu beachten ist zudem, dass die Ermüdungsneigung selbst bei inkorrekt durchgeführter Durchführung, wie bei Proband ID 246, normwertig sein kann. Diese Beispiele verdeutlichen, dass insbesondere im Kindesalter, die durch die Software berechneten Werte keinen sicheren Rückschluss auf die Kontrolle über den Beckenboden und die Kneifleistung zulassen. Eine Differenzierung Gesunder von Kranken Kindern ist somit nicht möglich.

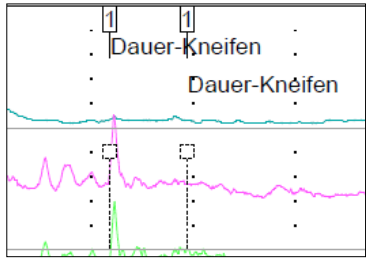
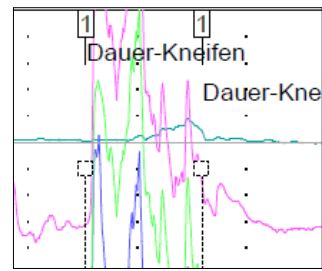
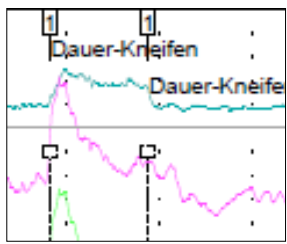
Druckkurve	Messwerte	Interpretation
ID Nr. 246 	Rel. KD 57 mmHg Max. KD 140 mmHg Mtl. KD 6 mmHg FUK 43 mmHg.s Ermüd. -2,50 mmHg/s*  „normwertige“ Ermüdung	Fehlerhafte Testdurchführung; frühzeitige Ermüdung; fehlende Fähigkeit, Druck aufrecht zu halten
ID Nr. 244 	Rel.KD 281 mmHg Max. KD 328 mmHg* Mtl. KD 87 mmHg* FUK 932 mmHg.s* Ermüd. -3,85 mmHg/s*  fast „normwertiges“ Ergebnis	mangelhafte Testdurchführung; Druck kann nicht konstant gehalten werden; mäßig gute Kontrolle über Beckenboden-muskulatur
ID Nr. 234 	Rel. KD 118 mmHg* Max. KD 171 mmHg* Mtl. KD 39 mmHg* FUK 421 mmHg.s* Ermüd. -6,82 mmHg/s*	Gute Testdurchführung mit anfänglichem Peak und annähernd stabilem Druckplateau

Abbildung 39. Beispiele des Dauerkneifversuchs

Vergleich des Dauerkneifvermögens, der Messwerten und deren Interpretation; \* = normwertig

Insgesamt fehlen zum momentanen Zeitpunkt für Kinder sowohl Normwerte als auch Studien an Erkrankten, um die diagnostische und prognostische Wertigkeit zu beurteilen. Das Dauerkneifen wird in den Leitlinien zur anorektalen Manometrie für Erwachsene von Pehl nicht empfohlen [13] und erscheint in Anbetracht der beschriebenen Schwierigkeiten auch als Standardverfahren für Kinder nicht geeignet. Fakultativ kann der Test bei Kindern ab zirka zehn Jahren zur qualitativen Beurteilung der willentlichen Kontrolle über den Beckenboden und somit der Fähigkeit, bei akutem Stuhldrang die Darmentleerung zurückzuhalten, eingesetzt werden.



#### 4.2.2.4 Pressdruck

Der Pressversuch stellt eine simulierte Defäkation dar und dient der Aufzeichnung des Druckabfalls des inneren Sphinkters. Unter physiologischen Bedingungen wird zur Darmentleerung, durch Kontraktion des Diaphragmas und der Bauchwand, der intraabdominelle Druck erhöht und gleichzeitig eine Relaxation der Beckenbodenmuskulatur und des Sphinkters ausgelöst [93]. Übersteigt der erzeugte Austreibungsdruck den Verschlussdruck des Sphinkters, fällt der anale Druck ab und die Stuhlentleerung wird eingeleitet. Davon abweichende Muster werden als Dyssynergie bezeichnet. Sie gelten als mögliche Ursache für Obstipationsbeschwerden.

Der Pressversuch wird in stationärer Messtechnik durchgeführt. Zusätzlich zur Messsonde kann ein mit Luft gefüllter Ballon in das Rektum eingeführt werden, um die Darmfüllung zu simulieren und die Testdurchführung für den Probanden zu erleichtern [1]. Belkind et al. betonten, dass hierdurch die Genauigkeit der Messung steige und so wertvolle Informationen zur Beurteilung von Kindern mit dyssynerger Defäkation gewonnen werden können [94]. Da Kinder das Einführen der Ballonsonde als unangenehm empfinden und durch den zusätzlichen Fremdkörper mit Artefakten zu rechnen ist, verzichten wir auf diese Maßnahme. Zur Auswertung können neben dem intrarektalen und dem minimalen intraanal Druck beim Pressen, der prozentuale anale Druckabfall, der maximale anale Druckabfall und der Defäkationsindex [8,94,95] notiert werden [1,12,13]. Letzterer ist definiert als Quotient aus maximalem rektalem Pressdruck und minimalem analem Pressdruck. Des Weiteren wird das Auftreten von paradoxen analen Kontraktionen protokolliert [13,19].

Normwerte für den prozentualen Druckabfall und den minimalen intraanal Druckabfall sind rar. In einer Studie mit obstipierten Frauen wird ein Druckabfall von 41 % bei Patientinnen ohne, und ein Druckanstieg um 169 % bei Frauen mit Beckenbodendyssynergie beschrieben [96]. Niedrigere Werte registrierten Lee et al. mit einem Druckabfall bei gesunden Frauen um 30 % und bei Männern um 16 % [11]. Unter den Probanden der vorliegenden Studie war ein durchschnittlicher analer Druckabfall um 62 % zu verzeichnen, der bei weiblichen Probanden nur leicht vermindert war. Alle untersuchten Parameter, der maximale Druckabfall, minimale anale Druck und der prozentuale Druckabfall konnten signifikant zwischen dem Vorliegen paradoxer Kontraktionen oder normaler Sphinkterreaktion unterscheiden.

### Paradoxe Kontraktionen

Das Auftreten paradoxer Kontraktionen während des Pressens gilt als Hinweis auf eine gestörte Koordination der Beckenbodenmuskulatur. Es ist darauf zu achten, dass falsch positive Ergebnisse unter asymptomatischen Erwachsenen in bis zu 20 % der Fälle [19,55] und in unseren Untersuchungen bei 41 % der gesunden Kinder beobachtet wurden. Somit besteht nur eine geringe Spezifität dieser Untersuchung für die Diagnose einer Beckenbodendysnergie.

Vier Kinder ließen eine verspätete Relaxation nach dem Pressen erkennen (vgl. Abbildung 40 Mitte), ein Phänomen das ebenfalls von Carrington beschrieben und als Normvariante gewertet wurde [31]. Die falsch positiven Ergebnisse können durch mangelnde Kooperation oder durch aktives Kneifen aus Schamgefühl und der Sorge die Stuhlentleerung einzuleiten, [14,42] hervorgerufen werden. Der Pressvorgang wird in diesen Fällen nicht mit ausreichend großem Austreibungsdruck ausgeführt, sodass es nicht zur Relaxation des inneren Sphinkters kommt. Für den Zusammenhang mit Schamgefühl spricht auch das Zunehmen paradoxer Kontraktionen mit dem Alter der Kinder (Gr. 3 20,4 %/ Gr. 4 42,1 % / Gr.5 60 %). Die mangelnde Spezifität birgt die Gefahr der Überinterpretation, was unnötige Therapie zur Folge hätte. Rao et al. raten daher bei auffälligen Pressmustern im Liegen eine Wiederholung des Tests in sitzender Position anzustreben [19].

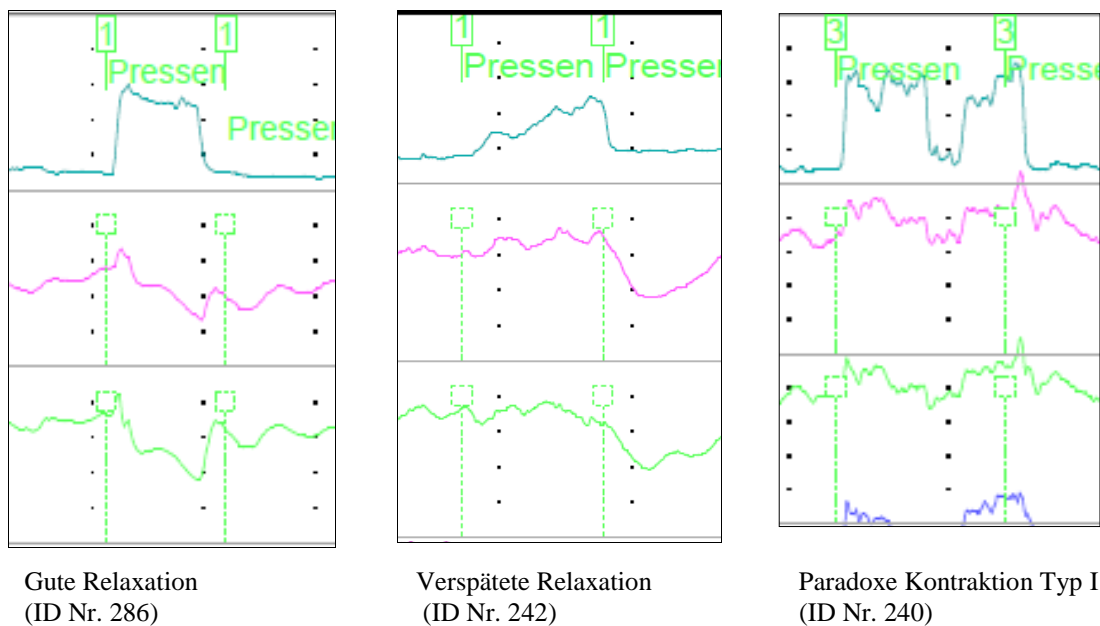


Abbildung 40. Vergleich der Druckaufzeichnung des Pressmanövers gesunder Studienteilnehmer.

Anmerkung: Kanal oben = abdominalen Druck; Kanal mittig/ unten = analer Druck

*Wertigkeit in der Diagnostik*

Im diagnostischen Einsatz kann die Manometrie zum Verständnis der Pathophysiologie der dyssynergen Defäkation, einer verminderten Koordination der abdominellen, rektoanalen und Beckenbodenmuskulatur, beitragen [19] und so zur Klärung der Ursache für Stuhlverhalt führen [12]. Obwohl L. Feinberg keine Korrelation zwischen dem Ausmaß der Beschwerden und der Präsenz paradoxer puborektaler Kontraktionen nachweisen konnte [97], wird ein vermehrtes Auftreten von paradoxen Kontraktionen bei Patienten mit Enkopresis, Dysfunktion des externen Sphinkters mit oder ohne Dysfunktion des Puborectalis und bei bestehenden Analfissuren beschrieben [56].

Der Pressversuch sollte aufgrund der einfachen Durchführbarkeit und der, unter optimalen Untersuchungsbedingungen, guten Aussagekraft über das Vorliegen von Dyssynergien ab einem Alter von drei Jahren in das Untersuchungsprotokoll von Patienten mit Stuhlentleerungsstörungen aufgenommen werden.

## 4.2.2.5 Rektoanaler Inhibitionsreflex

Der rektoanale Inhibitionsreflex spiegelt die Reaktion des M. sphincter ani internus als Antwort auf eine Dehnung des Rektums wieder. Er wird von Nervenzellen des Plexus myentericus vermittelt [13]. Vermutlich dient er der Diskrimination des Darminhaltes, indem durch die Relaxation des inneren Sphinkters mit gleichzeitiger Kontraktion des äußeren Sphinkters, Faeces zu den Rezeptoren der sensiblen Schleimhaut des Analkanals vordringen kann [17]. Dies macht den Reflex zu einem essentiellen Bestandteil der Kontinenzerhaltung. Eine abnormale Antwort steht in Zusammenhang mit Stuhlentleerungsstörungen [98] (siehe Kapitel 4.4.5) und Rückenmarksverletzungen [99], wobei die wichtigste Indikation die Hirschsprungdiagnostik ist [14]. Ein frühzeitiger diagnostischer Einsatz des Tests bei reifen Neugeborenen ist möglich, da der Reflex bereits wenige Tage nach der Geburt vorhanden sei [35] und altersunabhängig durchgeführt werden kann.

Trotz jahrzehntelanger Anwendung in der klinischen Praxis und Empfehlung in den AWMF-Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie für Morbus Hirschsprung [30], gibt es keine einheitlichen Mess- und Auswertungsmethoden. Die Dehnung des Rektums zur Simulation der Stuhlfüllung wird in der Regel mit einem luftgefüllten Ballon, der an der Katheterspitze befestigt ist oder zusätzlich eingeführt wird, erzielt. Alternativ kann dies durch direktes Einspritzen von Luft in das Rektum erfolgen [98], was bei Früh- und Neugeborenen

von einigen Autoren bevorzugt wird [5]. Ballonvolumen und Insufflationsmuster variieren in den publizierten Studien. In den meisten Fällen erfolgen repetitive Messungen mit zwischenzeitlicher, vollständiger Entleerung des Ballons. Das Volumen wird schrittweise bis zum sicheren Nachweis des Reflexes angehoben [13]. In der Studie von Kumar et al. wird beispielsweise altersentsprechend mit 3 ml bei Neugeborenen, 10 ml bei Säuglingen beziehungsweise 20 ml bei Kleinkindern begonnen, nach drei bis fünf Sekunden der Ballon entleert. Nach einer kurzen Ruhephase wird dieser erneut gefüllt bis, nach stufenweiser Steigerung des Volumens auf maximal 200 ml, eine Relaxation des Sphinkters zu sehen ist [5]. Bei der Wahl des Ballons zur Obstipationsdiagnostik sollte berücksichtigt werden, dass Kindern mit Megarektum häufig höheren Volumina zum Auslösen des RAIR benötigen [14,97].

#### *Qualitative und quantitative Beurteilung*

Der Reflex kann visuell und quantitativ beurteilt werden. Visuell gilt er als nachweisbar, wenn sich morphologisch ein analer Druckabfall unter den Ruhedruck mit anschließendem Druckanstieg auf das Ausgangsniveau zeigt [13] (vgl. Abbildung 9). Als nachteilig stellt sich hier die schlechte Objektivierbarkeit und Untersucherabhängigkeit dar. In unserer Untersuchung stimmte das Untersucherurteil jedoch in 96 % der Fälle überein.

Quantitativ kann der anale Druckabfall als prozentualer Wert oder als Absolutwert berechnet werden. In der Literatur finden sich Grenzwerte von beispielsweise 5 mmHg [1,5], 5 cmH<sub>2</sub>O [23,100] oder laut Angabe des Softwareherstellers (MMS®-Einweisung) von einem analen Druckabfall um 60 % ausgehend vom Ruhedruckniveau, um den RAIR als vorhanden zu werten. Die prozentuale Relaxation stellte jedoch laut unserer Daten keinen zuverlässigen Parameter dar. Dies begründet sich zum einen darauf, dass das Erreichen des Schwellenwertes nur eine geringe Übereinstimmung mit dem Untersucherurteil aufwies und zum anderen darauf, dass eine sichere Abgrenzung Erkrankter und Gesunden nicht möglich war. Es stellt sich die Frage, ob der Grenzwert zu hoch gewählt war, weshalb anhand der Ergebnisse der gesunden Stichprobe ein Schwellenwert berechnet wurde, der mit maximaler Sensitivität und Spezifität den Inhibitionsreflex richtig erkennen sollte. In der Beurteilung der Patienten mit M. Hirschsprung erwies sich der neu errechnete Grenzwert von 46 % ebenfalls nicht als aussagekräftig, da diesen Gesunde und Erkrankte mit 77 % bzw. 79 % nahezu gleich häufig erreichten. In unseren Augen hat die prozentuale Relaxation in der Diagnostik einen untergeordneten Stellenwert und sollte nicht allein zur Therapieentscheidung herangezogen werden.

Des Weiteren können zur quantitativen Auswertung der Reflexantwort [43], die Reflexdauer und die Zeit bis zur Erholung auf das Ruheniveau bestimmt werden. Die Möglichkeiten zur detaillierteren und dynamischen Darstellung der Morphologie der Reflexantwort, sowohl in longitudinaler als auch in radiärer Richtung, werden durch hochauflösende 3D-Sonden enorm erweitert.

### *Störgrößen*

Wie auch in der Literatur beschrieben, zeigten die Untersuchungen an gesunden und kranken Kindern eine hohe Fehleranfälligkeit des RAIR. Zu den Einflussfaktoren zählen Füllungsvolumen [1,55], Lage des Ballons im Rektum, Inflationsmuster [101] und Position der Sensoren im Analkanal [13,102]. Cheeney et al. wiesen mit hochauflösenden Sonden nach, dass die Reflexantwort entlang des Analkanals und in posterior-anteriorer Ausrichtung eine Asymmetrie aufweist [102]. Folglich reicht eine Messung mit herkömmlichen Sonden in stationärer Messtechnik nicht zur vollständigen Abbildung der Reflexantwort aus. Des Weiteren spielen Stuhlfüllung der Rektumampulle, Stuhldrang, Scham oder Angst eine Rolle [43]. Durch willentliche Kontraktion des äußeren Sphinkters [13,35] wird die Relaxation des internen Sphinkters überlagert [1]. Nach mehrmaliger oder anhaltender Dehnung kommt es zudem zu einer Adaptation, sodass die Amplitude des Reflexes abnimmt [35].

In unseren Untersuchungen wurde auf sedierende Maßnahmen verzichtet um die Belastung der Kinder zu minimieren. Dies hatte zur Folge, dass insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern vermehrt Bewegungsartefakte während der Aufzeichnung der Reflexantwort auftraten. Der Einsatz eines kleinen Ballonvolumens von maximal 12 ml führte zu einer guten Toleranz der Untersuchung, es konnten jedoch nicht, wie bei Gesunden in der Literatur beschrieben [35], in 100 % der Fälle ein RAIR ausgelöst werden. Die Auswahl des Ballonvolumens sollte daher kritisch hinterfragt und bei unklaren Ergebnissen angehoben werden.

Bei Kindern empfehlen wir zum Ausschluss eines M. Hirschsprung eine rein qualitative Bewertung des RAIR durch den Untersucher, da die Vielzahl an beschriebenen Einflussfaktoren, und die von Otto et al. beschriebene große intraindividuelle Variabilität des Reflexmusters [74], besonders bei wachen Kindern, eine exakte morphologische Auswertung und Vergleichbarkeit verhindert. Dieses Vorgehen wird auch in den Leitlinien für Erwachsene von Pehl [13] sowie in Untersuchungen von Rao et al bevorzugt [101].

#### 4.2.2.6 Hustentest

Der Hustentest eignet sich zur Abbildung der Reaktion des Sphinkters auf eine Stresssituation. Kontinenz ist dann gewährleistet, wenn der anale Verschlussdruck, zum Zurückhalten des Darminhaltes, durch Kontraktion des äußeren Sphinkters und des M. puborectalis [19] den abdominell erzeugten Austreibungsdruck übersteigt [86]. Die Interpretation des Tests erfolgt anhand der Berechnung der Druckdifferenz zwischen analem und abdominellem Druck [1,12] oder durch visuellen Vergleich der analen und rektalen Druckkurve [13,86]. Beckmann bildet aus dem max. analen Druck und dem max. rektalen Druck einen Quotienten, den sogenannten „Stressquotient“ [1]. Weiterhin kann die Dauer der Reflexantwort im Vergleich zur Dauer der abdominellen Druckzunahme beurteilt werden. Dies kann Hinweis auf eine Schwäche oder Schaden des externen Sphinkters geben [56].

Der Hustentest wird nicht routinemäßig durchgeführt und ist in der Literatur wenig beschrieben. Azpiroz et al. sehen den Hustentest als mögliche Ergänzung in der anorektalen Diagnostik, insbesondere zur Untersuchung von Verletzungen des sakralen Reflexbogens und Rückenmarks [12,56]. Ein veränderter Hustenreflex trotz normalen Kneifdrucks sei ein Hinweis auf einen neurologischen Schaden des sakralen Reflexbogens [56]. Bei Verletzungen des Rückenmarks oberhalb des sakralen Segments bleibt der Hustenreflex, bei gleichzeitig vermindertem Kneifdruck erhalten [103]. Zudem korreliere der Schweregrad der Inkontinenz besser mit dem rektoanal Druckgradienten beim Husten als mit dem Kneifdruck oder dem Druck beim Husten alleine. Ein positiver rektoanaler Gradient habe laut Meagher et al. für die Erkennung der Inkontinenz eine Spezifität von 100 %, während die Sensitivität nur bei 43 % liegt [104].

Die Vorteile des Hustentests gegenüber dem Kneiftest sind zum einen die Beurteilung der Stärke des externen Sphinkters, selbst bei Patienten mit Schwierigkeiten zur willentlichen Kontraktion, und zum anderen eine geringere intraindividuelle Druckvarianz beim Husten als beim Kneifen [104]. Dies ermöglicht es, selbst bei schlechter Kooperation der Kinder oder bei noch mangelnder Umsetzungsfähigkeit des Kneifens einen Eindruck über die Kontraktionsfähigkeit des Muskels zu erhalten. Es bedarf weiterer Studien um die diagnostische Wertigkeit dieses Parameters zu bestimmen [56].

#### 4.2.2.7 Länge des Analkanals und der Hochdruckzone

Der Analkanal kann als der Bereich definiert werden, dessen Druck über dem intrarektalen Druck liegt [1,72], was der Gesamtlänge des Ruhedruckprofils entspricht [35], oder als Zone mit einem Druck von 5 mmHg über dem intrarektalen Druck [8,13,15]. Die Bestimmung kann in schrittweiser [72] oder kontinuierlicher Rückzugstechnik durchgeführt werden. Dies kann sowohl manuell, unter Ablesen der Markierungen, als auch mechanisch mit Hilfe eines Rückzugschlittens erfolgen. Hochauflösende Manometriesysteme erfordern keine Rückzugstechnik, wodurch Artefakte durch Katheterbewegung vermieden werden. Ein Vergleich der Techniken ergab für die wasserperfundierte Manometrie in schrittweiser Rückzugstechnik einen signifikant längeren Analkanal als bei Messungen mit der HR-ARM [105].

Messfehler können durch die Asymmetrie des Analkanals entstehen [47,68], da hierdurch die gemessene Länge je nach Position der Sensoren variiert. Während Pehl dazu rät nur die längste Achse zu werten [13] wird häufig ein Mittelwert aller radiär angeordneten Sensoren als durchschnittliche Analkanallänge berechnet [68]. Weiterhin nimmt die Länge bei Kontraktion zu und während der Defäkation ab [3,106], was vermuten lässt, dass auch dieser Parameter mit der Mitarbeit und dem Entspannungszustand des Patienten assoziiert ist.

Bei dem Vergleich der publizierten Normwerte ist darauf zu achten, dass die Begriffe Analkanallänge und Hochdruckzone zum Teil synonym verwendet werden [5,13], während in anderen Publikationen die Hochdruckzone als eigenständiger Parameter aufgeführt ist. So legen Schimscha und Schizas et al. die Hochdruckzone als den Bereich fest, der mindestens 50 % des maximalen Segmentmitteldrucks aufweist [3,4].

Trotz geringer intraindividuelle Variabilität und damit guter Reproduzierbarkeit bei einem Patienten [72], schätz Pehl die diagnostische Wertigkeit der Asymmetrie aufgrund der hohen interindividuellen Variabilität als gering ein [13]. Ein weiterer Kritikpunkt ist der fehlende Zusammenhang der Länge des Analkanals mit Inkontinenz oder anderen Pathologien [107]. Auch in der vorliegenden Studie zeigten Kinder mit Obstipation und anorektalen Malformationen eine normwertige Länge des Analkanals und der Hochdruckzone. Inkontinente Patienten wiesen jedoch eine verkürzte Hochdruckzone sowie einen geringen Anteil der Hochdruckzone am Analkanal auf. Folglich scheint die Länge der Hochdruckzone und nicht die des gesamten Analkanals für die Kontinenz relevant zu sein. Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Relevanz dieses Befundes zu überprüfen. Insgesamt hat die Analkanallänge in der Diagnostik von Stuhlentleerungsstörungen einen untergeordneten Stellenwert.

## 4.2.2.8 Asymmetrie

Die Asymmetrie des Analkanals wird in schrittweiser [3] oder kontinuierlicher Rückzugstechnik [3,4,86] ermittelt. Die Sensoren oder Perfusionsöffnungen müssen hierfür radiär angeordnet sein. Bei hochauflösenden HRM-Sonden kann auf einen Durchzug verzichtet werden, da die große Anzahl an Sensoren eine simultane Messung der Druckwerte in radiärer und longitudinaler Richtung erlaubt [105]. Die Berechnung der Asymmetrie ist als Gesamt-asymmetrie des Analprofils oder als Asymmetrie einzelner Segmente oder Achsen des Analkanals möglich. Es werden unterschiedliche mathematische Prinzipien zugrunde gelegt, wie Tabelle 45 anhand einiger Publikationen verdeutlicht.

Tabelle 45. Vergleich der Asymmetrie-Parameter verschiedener Studien mit Normwerten

Autor	Parameter	Berechnung	Gesamt	weiblich	männlich
Schizas (2011)	Radial asymmetry [%]	$\left(1 - \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{P_{\max} * n}\right) * 100$	r.p.t. s.p.t.	35,27 (6,04) <sup>c</sup> 32,53 (7,32) <sup>c</sup>	26,22 (5,18) <sup>c</sup> 21,82 (10,82) <sup>c</sup>
Schimascha	Gesamtasym. Segmentasym.		30,6 % 19,8 %		
Braun	Asymmetry index	„Sum of pressure differences between single channels and mean pressures of all channels“	7 (2) <sup>c</sup>	6,9 (2,4) <sup>c</sup>	8,6 (3,4) <sup>c</sup>
Zhang Cali	Vector symmetry index	$\frac{\text{Minimum segment volume}}{\text{Maximum segment volume}}$	0,7 (0,07) <sup>c</sup>	0,75	0,8
Williams	Coefficient of variation [%]	$\left(\frac{\text{Standard deviation}}{\text{Mean}}\right) * 100$		7,8 (0,57) <sup>a</sup>	9,3 (1,27) <sup>a</sup>
Zbar	Mean asymmetry [%]	„percentage of deviation in integrated cross-sections from a perfect circle“	31,1 (28- 35) <sup>b</sup>		

Anmerkung: (r.p.t. = rapid pull through / s.p.t. = stationary pull through) <sup>a</sup>SEM = standard error of the mean;

<sup>b</sup> 95 % KI; <sup>c</sup> SD; Quellen: [108–111]

Für wasserperfundierte Geräte liegen von Schimascha Normwerte für Kinder (Segment-asymmetrie) und von Schizas Normwerte für Erwachsene (radial asymmetry) vor (vgl. Tabelle 45). Die große Variabilität der Werte ist auf den Einfluss der Auswertungsmethode, Rückzugstechnik und Anzahl der Messkanäle zurückzuführen [109]. Schizas et al konnten geringere Asymmetriewerte in schrittweiser Rückzugstechnik im Vergleich zu kontinuierlicher Rückzugstechnik belegen [3].



Ein weiterer Faktor den es zu berücksichtigen gilt, ist die topographische Variabilität der Asymmetrie im Verlauf des Analkanals. Laut Willams nehme sie von proximal nach distal ab und sei im Bereich der Hochdruckzone am niedrigsten [111]. Für die Gesamtasymmetrie sind daher höhere Werte zu erwarten als für die maximale Segmentasymmetrie, wie von Schimscha angegeben. Zudem wird bei Frauen der höchste Druck in der ventralen Achse ca. 8 mm von der Anokutanlinie entfernt aufgezeichnet, während bei Männern die Druckwerte der lateralen Achse geringfügig höher liegen. Das Druckmaximum ist bei Frauen distaler lokalisiert als bei Männern [68]. Folglich hat die Positionierung der Sonde eine entscheidende Auswirkung auf die Höhe der gemessenen Werte.

#### *Klinischer Nutzen*

Der Nutzen der Asymmetriestimmung ist nicht endgültig geklärt, nicht zuletzt wegen der von Zbar et al. bemängelten geringen Übereinstimmung der Befunde mit bildgebenden Verfahren [107]. Zudem liefern laut Wehrmann et al. Untersuchungsverfahren, wie die anale Endosonographie relevantere Ergebnisse [86]. Otto et al. sind ebenfalls der Auffassung, dass die Asymmetrie aufgrund der großen intraindividuellen Variabilität eine geringe diagnostische Wertigkeit hat [74]. Bisher ist sie nicht zur routinemäßigen Diagnostik in den Empfehlungen zur Manometrie aufgeführt [14,15].

Dem gegenüber stehen wenige Publikationen, die auf eine gute Diskriminationsfähigkeit zwischen Gesunden und Inkontinenten [111] sowie die Wertigkeit in der Beurteilung der postoperativen Kontinenz hinweisen. Eine verminderte Symmetrie korreliere mit der postoperativen Inkontinenz nach verschiedenen anorektalen Eingriffen wie ileoanaler Pouch-Anlage, lateraler Sphinkterotomie, tiefer anteriorer Resektion [109] oder Hämorrhoidektomie [112]. Zudem sei die postoperative Symmetrie bei obstipierten Kindern mit M. Hirschsprung signifikant höher [108].

Die Vektormanometrie bietet die Möglichkeit weitere Parameter zu berechnen, die womöglich eine höhere klinische Relevanz aufweisen. Das Vektorvolumen bietet den Vorteil, den Druck als auch die Länge des Sphinkters in die Berechnung miteinzubeziehen [6]. Ein weiterer Parameter, der Symmetrieindex, ermögliche laut Braun et al. eine Differenzierung zwischen sektorieller und globaler Sphinkterinsuffizienz und könne zur operativen Therapieplanung genutzt werden [110]. Zhang et al. wiesen weiterhin einen Zusammenhang des „vector symmetry index“ mit postoperativer Obstipation nach. Sie folgern daraus, dass die

Dysfunktion des Sphinkters und der Verlust der physiologischen Asymmetrie im Analkanal die Hauptursache für postoperative Stuhlentleerungsstörungen sind [108]. Weitere Evidenz hierfür liegt zum jetzigen Zeitpunkt nicht vor.

Nach Durchsicht der in der Literatur publizierten Studien scheint die mit wasserperfundierten und einfachen Halbleiterkathetern gemessene Gesamtasymmetrie, lokale Defekte oder topographische Unregelmäßigkeiten nicht mit ausreichender Sicherheit nachweisen zu können. Wir halten diesen Parameter für die Routinediagnostik in der pädiatrischen Proktologie daher derzeit nicht für sinnvoll. Es wäre zu prüfen, ob eine Analyse sowohl in radiärer als auch longitudinaler Richtung mit 3D-HRM Sonden klinisch relevante Informationen bieten kann.

#### 4.2.2.9 Rektale Wahrnehmung

Die rektale Wahrnehmung wird ähnlich der Untersuchung des rektoanalen Inhibitionsreflexes mit Hilfe eines rektal eingeführten Ballons untersucht. Hierzu wird das Volumen schrittweise gesteigert, bis der Patient den Ballon wahrnimmt (erstes Empfinden/ Perzeptionsschwelle) und durch weiteres Anheben des Volumens StuhlDrang verspürt (StuhlDrangsschwelle) und schließlich die Schmerzschwelle erreicht wird. Eine direkte Instillation von Wasser ins Rektum ist ebenfalls beschrieben [35].

Diese Tests finden in der Diagnostik der fäkalen Inkontinenz, wenn diese mit neurogenen Problemen, wie bei Diabetes Mellitus oder Multipler Sklerose, assoziiert ist, und in der Diagnostik der Obstipation Anwendung. Hier besteht häufig eine verminderte rektale Wahrnehmung [103]. Die Perzeptionsschwelle gibt gemeinsam mit der Compliancemesung Hinweise auf die Dehnbarkeit des Rektums, was beispielsweise Hinweis auf ein Megarektum geben kann [13]. Die Bestimmung der rektalen Wahrnehmung sei laut Rao et al. zudem zur Therapieplanung hilfreich, da eine niedrige Perzeptionsschwelle bei inkontinenten Patienten mit einem guten Ansprechen auf Biofeedbacktraining assoziiert sei [103]. Des Weiteren bestehe eine Korrelation von Verhaltமானövern und maximal toleriertem Volumen [97].

Da die Untersuchung für Kinder sehr belastend sein kann und zudem mit einem hohen zeitlichen Aufwand verbunden ist, erscheint der Zugewinn an Informationen nicht ausreichend groß, um diesen Test bei Kinder in der Routinediagnostik zu rechtfertigen. Sie sollte spezifischen Fragestellungen vorbehalten sein, z.B. präoperativ für die Bestimmung der StuhlDrangsschwelle vor Anlage eines Mainz-Pouch II, um die Kontinenzleistung des Schließmuskelapparats zu überprüfen.

#### 4.2.3 Begleitfaktoren mit spezifischer Relevanz für die Untersuchung bei Kindern

Die Manometrie ist ein Untersuchungsverfahren, das auf die aktive Mitarbeit der Patienten aufbaut und daher fehleranfällig ist. Im Besonderen gilt dies für Untersuchungen von Kleinkindern. Ein beruhigendes Umfeld und ablenkende Maßnahmen können hilfreich sein [15]. Heinrich et al. wiesen in einer Studie den Einfluss der verbalen Motivation auf die Untersuchungsergebnisse nach. Pathologische Werte konnten durch Anfeuern bei 31 % der Patienten mit Defäkationsstörungen und bei 45 % der Inkontinenten auf normale Werte verbessert werden [113]. Dem Untersucher kommt daher die Aufgabe zu, optimale Bedingungen durch Motivation der Patienten und durch ein positives Umfeld zu schaffen.

## 4.2.4 Untersuchungsprotokoll für Kinder

Das Konzept eines kindgerechten Untersuchungsprotokolls wurde unter folgender Zielsetzung definiert:

- kind- und altersgerechte Durchführung
- indikationsspezifische Untersuchung
- diagnostische Wertigkeit
- Diskriminationsfähigkeit

<b>Untersuchungsprotokoll</b>	
<b>Vorbereitung</b>	
Schaffung optimaler Untersuchungsbedingungen Lagerung des Patienten in Rückenlage Digital-rektale Untersuchung <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausschluss von sichtbaren, tastbaren Pathologien</li> <li>- Füllungszustand der Rektumampulle</li> <li>- ggf. Stuhlentleerung anstreben (2 Stunden Abstand zur Messung)</li> </ul>	
<b>Anorektale Manometrie</b>	
<b>Technische Ausstattung und Analysemethode:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mikrotransducer mit 8 zirkulär angeordneten Sensoren</li> <li>- Referenzwert: atmosphärischer Druck (0 mmHg)</li> <li>- Berechnung der einzelnen Parameter jeweils als zirkulärer Mittelwert der 8 Kanäle</li> </ul>	
<b>1. Messungen in stationärer Technik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführen der mit Vaseline behafteten Sonde</li> <li>- Aufsuchen der Hochdruckzone und Ruhephase von mind. 30 s</li> </ul>	
<b>Basisdiagnostik</b>	
Ruhedruck (3 x 3-10 s)	<i>Mittlerer Ruhedruck</i> (= Durchschnittswert aus 3 Einzelmessungen)
Rektoanaler Inhibitionsreflex <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einführen der Ballonsonde</li> <li>- 10 s Ruhephase</li> <li>- zügige Insufflation für ca. 5 s</li> </ul> Ballonvolumina: < 1 J. 3 ml 1-2 J. 5 ml ≥ 3 J. 10 ml ggf. Steigerung bei fehlendem Nachweis	Visuelle Beurteilung durch den Untersucher

<b>Ab 3 Jahren zusätzlich</b>	
Kneifdruck (3 x 3 s)	Auswertung des besten Versuches: <i>maximaler Kneifdruck</i> <i>mittlerer Kneifdruck</i>
*Dauerkneifdruck (10 s)	<i>maximaler Dauerkneifdruck</i> <i>mittlerer Dauerkneifdruck</i> <i>relativer Dauerkneifdruck</i>
Pressdruck (2 x)	Visuelle Beurteilung Notieren paradoxer Kontraktionen Auswertung des besten Versuches <i>minimaler analer Druck</i> <i>max. Druckabfall</i> <i>prozentualer analer Druckabfall</i>
*Hustentest	Visuelle Beurteilung
<b>2. Messung in Rückzugstechnik *</b> - Vorschub der Sonde in das Rektum - kontinuierlicher Rückzug mittels Schlitten und einer Geschwindigkeit von 3 mm/s	
Analprofil	<i>Mittlerer Analdruck</i> <i>Maximaler Analdruck</i> <i>Analkanallänge</i> (= von erstem Druckanstieg über rektalen Druck bis zum Abfall auf den atmosphärischen Druck) <i>Länge der Hochdruckzone</i> (> 50 % des maximalen Drucks) <i>Asymmetrie</i>
Nachbearbeitung	
Ausschluss fehlerhafter Aufzeichnungen einzelner Kanäle (z.B. durch Anliegen der Sonde) Überprüfen der korrekten Platzierung der Marker im Analprofil der einzelnen Kanäle	

\* optional bei bestimmter Fragestellung, beispielsweise:  
 Dauerkneifen: weiterführende qualitative Beurteilung des externen Sphinkters bei Inkontinenz  
 Hustentest: bei Unfähigkeit zur willentlichen Kontraktion; Überprüfung der Patientencompliance  
 Analprofil: nach analen Operationen z.B. bei ARM; unklare Befunde der stationären Ruhedruckmessung

Tabelle 46 enthält die zu den Untersuchungsparametern zugehörigen Normwerte. Die Werte sind für normalverteilte Parameter als Mittelwert und einem Bereich von Mittelwert plus / minus eine Standardabweichung angegeben, für nicht-normalverteilte Parameter als Median und dem Bereich unterem (25 %) bis oberem (75 %) Quartil.

Da laut unserer Daten das Alter auf keinen der Parameter einen signifikanten Einfluss hatte, können einheitliche Referenzwerte für alle Altersgruppen herangezogen werden. Sie dienen der Orientierung, sind jedoch nicht als strenge Grenzwerte zu interpretieren, da die Parameter eine große Streubreite aufweisen und eine deutliche Abhängigkeit von der Patientenmitarbeit aufweisen. Von entscheidender Bedeutung ist neben der quantitativen Auswertung, die situationsgerechte, qualitative Beurteilung der Druckkurve sowie der Vergleich der individuellen Messergebnisse im Therapieverlauf.

Tabelle 46. Normwerte für die anorektale Manometrie im Kindesalter

Parameter	Mittelwert bzw. Median	Normwertbereich ( $\pm$ 1SD)
mRD [mmHg]	59	44 – 74
rel.KD [mmHg]	130	65 – 196
max.KD [mmHg]	186	116 – 255
mtl.min.PD [mmHg]	18 <sup>a</sup>	12 – 26 <sup>a</sup>
proz.anal. Druckabfall - Pressen [%]	62	43 – 82
mtl.AD [mmHg]	57	39 – 75
ACL [mm]	39 <sup>a</sup>	35 – 45 <sup>a</sup>
Anteil der HDZ [%]	44	33 – 56
max.DKD [mmHg]	239	153 – 325
rel.DKD [mmHg]	176	94 – 257
mtl.DKD [mmHg]	56	21 – 92

<sup>a</sup>Median; (25 % und 75 % Quartil)

### 4.3 Vergleich der erhobenen Normwerte mit veröffentlichten Werten

In einer Literaturübersicht soll geklärt werden, inwiefern die bei uns ermittelten Referenzwerte mit denen der anderen Zentren korrelieren. Neben dem Abgleich mit pädiatrischen Normwerten soll zudem ein Vergleich mit Erwachsenenwerten erfolgen.

#### 4.3.1 Vergleichbarkeit verfügbarer Normwerte bei Kindern

Der Vergleich der in dieser Studie erhobenen Normwerte für Kinder mit den in anderen Zentren erhobenen Werten zeigt eine deutliche Diskrepanz (vgl. Tabelle 47). Als Ursache ist der bereits beschriebene Einfluss der verwendeten Technik und Auswertungsmethode zu vermuten. Es existieren derzeit keine Studien für die Anorektomanometrie mit Microtransducer-Katheter bei Kindern. Zudem wurden unterschiedliche Altersgruppeneinteilungen gewählt, die einen Abgleich der Daten weiter erschweren.

Es liegen zwei Veröffentlichungen zu Normwerten im Kindesalter mit wasserperfundierten Messsystemen vor, in denen an einer größeren Fallzahl gesunde Kinder im Vorschul- und Schulalter untersucht wurden [4,5], sowie Normwertstudien an Neugeborenen [60,114] und Frühgeborenen [115]. Weitere Angaben finden sich in einigen Veröffentlichungen, in denen als Referenzwert zu kranken Kindern an einer kleinen Kontrollgruppe Normwerten erhoben wurden (z.B. Molnar  $n = 11$  [41]; Nurko  $n = 12$  [116]; Rintala  $n = 22$  [117]). Die Ruhe- und Kneifdruckwerte der Studie von Schimscha et al., die 89 Kinder umfasste und mit kontinuierlichem Durchzug durchgeführt wurde und derjenigen von Kumar et al., mit 90 Kindern unter Verwendung der schrittweisen Rückzugstechnik, weisen eine geringe Übereinstimmung auf (vgl. Tabelle 47 und 49).

#### *Ruhedruck*

Tabelle 47 gibt einen Überblick über altersadaptierte Ruhedrucknormwerte publizierter Studien bei Kindern. Der maximale Segmentmitteldruck aus Schimschas Untersuchungen sticht besonders hervor, da er mit durchschnittlich 99,8 mmHg, deutlich über den von Kumar, Loening-Baucke, Seo und Lopéz publizierten und unseren eigenen Werten liegt. Die Vermutung, dass dies durch die Messtechnik mittels kontinuierlichen Rückzugs bedingt ist, wird durch die Ergebnisse von Benninga et al. unterstützt, die für diese Technik ebenfalls deutlich höhere Werte im Vergleich zum schrittweisen Rückzug ermittelten [6].

## 4.3 Vergleich der erhobenen Normwerte mit veröffentlichten Werten

Tabelle 47. Altersgruppierte Normwerte für den Ruhedruck [mmHg]

Studie	n	Gesamt	Alter [Jahre]															
			0 - 1 Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	> 15
St. Hedwig	73	59,04	60,4	58,2			59,4				56,7				63,6			-
Schimscha	89	99,8	82,8			117,3		97,7			103,3		102,2			87,4		100,8
Kumar	90		31,07	42,43					43,43						-			
Seo 1-	46		42,3															
Benninga	13														55 (sR)			109 (kR)
López-Alonso	31	41,24	41,24															
Nurko	12	57																
Rintala	22	36,3																
Tang	95		(< 7d) 28,9 (> 7d) 31,6 (> 31d) 39,9															

Werte als Mittelwert angeben;

<sup>1</sup> von cmH<sub>2</sub>O umgerechnet; sR schrittweiser Rückzug; kR kontinuierlicher Rückzug

Die Stichprobenverteilung der Publikationen wurde sehr unterschiedlich gewählt. Nur drei Studien beziehen Schulkinder mit ein. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden unsere Ruhedruckwerte entsprechend der Altersgruppeneinteilung der Probanden aus der Studie von Schimscha Neuberechnet. Aus den Mittelwerten in Tabelle 48 wird ersichtlich, dass der maximale Segmentmitteldruck weder mit Ergebnissen der stationären Messung noch der Durchzugsmessung übereinstimmt. Bei dieser Divergenz, selbst unter Berücksichtigung von Fehlerquellen wie der Wahl der Stichprobe und der Messtechnik, wird verständlich, weshalb ein Vergleich der Messwerte zwischen den Kliniken ohne Standardisierung kaum möglich ist.

Tabelle 48. Vergleich der Ruhedruckwerte von Schimscha und Regensburg

Alter	Klinik St. Hedwig					Schimscha	
	mRD (stationär)		mtl.AD (Durchzug)		max.AD (Durchzug)	max. Segmentmitteldruck	
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>n</i>	<i>M</i>
0-1	24	58,63		-	-	15	82,8
2-3	9	62,00	1	21,00	59,00	9	117,3
4-6	18	57,56	15	55,87	121,53	13	97,7
7-9	12	56,08	10	56,40	129,00	13	103,3
10-12	9	61,67	9	61,00	136,89	17	102,2
13-14	1	81,00	1	93,00	161,00	13	87,4
>15	-	-	-	-	-	9	100,8
Gesamt	73	59,04	36	57,36	126,81	89	99,8



*Kneifdruck*

Die in der Literatur angegebenen Normwerte für den maximalen Kneifdruck bei Kindern (vgl. Tabelle 49) reichen von 118 mmHg [116] bis 210 mmHg [6]. Während Schimscha von einem Druckanstieg um den Faktor 1,76 spricht [4], berichtet Kumar von einem um das zwei bis dreifach erhöhten Druck beim Kneifen, im Vergleich zum Ruhezustand [5]. Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen mit einem durchschnittlichen Anstieg vom mittleren Ruhedruck auf den maximalen Kneifdruck um das 3,1-fache, jedoch bewegen sich die Absolutwerte aus Kumars Untersuchungen insgesamt auf einem niedrigeren Niveau. Die Werte von Schimscha, Benninga et al. und unsere eigenen liegen in einem ähnlichen Bereich. Insgesamt scheint trotz der vorhandenen Variabilität der Kneifdruckmittelwerte, der Einfluss der Messtechnik und des Systems hier geringer zu sein, als bei der Erhebung des Ruhedrucks.

Tabelle 49. Altersgruppierte Normwerte für den maximalen Kneifdruck

Studie	n	Gesamt	Alter [Jahre]																	
			0	1	Mo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	> 15
St. Hedwig	42	185,64	-			121			155,9				197,6				200,9			-
Schimscha	93	172,9			147,7			170,5	154		187			193,9			174,4		183,2	
Kumar	90		3 x RD (90-130)																	
Benninga	13	182 (sR) 210 (kR)																		
Seo	35		89,8																	
Nurko	12	118																		

Anmerkung: sR = schrittweiser Rückzug, kR= kontinuierlicher Rückzug

*Rektoanaler Inhibitionsreflex*

Im Regensburger Kollektiv gelang der Nachweis des rektoanalen Inhibitionsreflexes bei 75 % der gesunden Kinder, während dies zu 100 % in der Studie aus Kuwait der Fall war [5]. Das Ballonvolumen, das in den Untersuchungen von Kumar et al. zum Auslösen führte, lag im Mittel bei 9,7 ml bei Neugeborenen und nahm auf 25 ml bei älteren Kindern zu. Es stellt sich die Frage, ob das in Regensburg verwendete geringe Ballonvolumen ursächlich für den fehlenden Reflexnachweis. Ein Fassungsvermögen von 10 ml, das bei Kindern ab einem Alter von drei Jahren gewählt wurde, führte in Kumars Untersuchungen bei über 1-jährigen Kindern nur bei 10 % zu einer Relaxation [5]. Diese Erkenntnis spielt, vor allem in Anbetracht der Tatsache, dass obstipierte Patienten größere Volumina benötigen [97], eine wichtige Rolle und sollte zur sicheren Diagnosestellung berücksichtigt werden [14,77,100]. Normwertangaben zum Prozentwert des analen Druckabfalls im Kindesalter fehlen.

*Länge des Analkanals und der Hochdruckzone*

Im Regensburger Kollektivs ist die Länge des Analkanals im Durchschnitt mit 3,88 cm größer als die anderer Studien (vgl. Tabelle 50). Lediglich Li et al. geben mit 4 cm einen ähnlichen Wertebereich an. Die Diskrepanz der Messergebnisse ist am ehesten darauf zurückzuführen, dass in der vorliegenden Studie der gesamte Bereich, ab dem ersten Druckanstieg über den rektalen Druck bis zum Abfall auf den atmosphärischen Druck, zum Analkanal gerechnet wurde, während andere Autoren die ACL erst ab einem Anstieg über 5 mmHg definieren. Welche der beiden Herangehensweisen die validieren Ergebnisse liefert bleibt offen.

Für Säuglinge wurde in der Literatur einheitlich eine geringere Analkanallänge beschrieben. Da in unseren Untersuchungen die ACL mittels kontinuierlichen Rückzugs gemessen wurde, der ab einem Alter von drei Jahren durchgeführt wurde, können wir diese Ergebnisse nicht bestätigen.

Laut Schimscha et al. mache die HDZ einen Anteil von 52,9 % an der Gesamtlänge des Analkanals aus, was unter Berücksichtigung der Auswertungsmethode, vergleichbar mit dem Wert von 44,25 % unserer Probanden ist.

Tabelle 50. Altersgruppierte Normwerte für die Analkanallänge [cm]

Studie	n	Gesamt	Alter [Jahre]																
			0 -1 Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	> 15	
St. Hedwig	36	3,88 <sup>a</sup>	-	-			3,96 <sup>a</sup>				3,84 <sup>a</sup>				4,2 <sup>a</sup>			-	
Schimscha	93		1,7 <sup>2</sup>		2,2 <sup>2</sup>		2,4 <sup>2</sup>				3,2 <sup>2</sup>			3,3 <sup>2</sup>		3,5 <sup>2</sup>		3,7 <sup>2</sup>	
Kumar	90		1,67	1,86						3,03					-				
Seo	46		1,86																
Benninga	13															2,09			
López-Alonso	31		1,50																
Loening-Bauke	12	3,3																	
Li 2008	10	4,0																	
Holschneider 1977	k.A.		1,5								3,5								

<sup>2</sup> aus Tabelle abgelesen, keine Zahlenwerte angegeben; <sup>a</sup> Median (IQA) <sup>b</sup> Median (Range)

*Asymmetrie*

Die Asymmetrie des Analkanals im Kindesalter wurde bisher wenig untersucht. Normwerte für Kinder wurden von Schimscha [4] und für Erwachsene von Schizas [3] erhoben. Diese bewegen sich trotz unterschiedlicher Messtechnik und Auswertungslogarithmen auf einem ähnlichen Niveau (vgl. Tabelle 45). Weibliche Probanden weisen in den aufgeführten Untersuchungen im Schnitt eine 10 % höhere Asymmetrie auf als Männer.

Tabelle 51. Vergleich der publizierten Asymmetriewerte

Studie	Probanden	Messtechnik	M [%]
St. Hedwig	Kinder	Kontinuierlicher Rückzug	35 <sup>a</sup> w 40,4 <sup>a</sup> / m 32,4 <sup>a</sup>
Schizas 2011	Erwachsene	Kontinuierlicher Rückzug	w 35,3 / m 26,2
		Schrittweise Rückzug	w 32,5 / m 21,8
Schimscha 2008	Kinder	Kontinuierlicher Rückzug	30,6

<sup>a</sup> Median; w = weiblich; m = männlich

*Zusammenfassung*

Der Vergleich pädiatrischer Normwerte zeigt insgesamt eine relativ große Variabilität für die Parameter Ruhedruck, Kneifdruck und Analkanallänge. Der Ruhedruck variiert insbesondere in Abhängigkeit von der Messtechnik, während der Kneifdruck davon weniger beeinflusst zu sein scheint. Ein einheitliches Untersuchungsprotokoll und Messtechnik ist notwendig, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Zentren zu ermöglichen.

## 4.3.2 Vergleichbarkeit der Werte von Kindern und Erwachsenen

Die analen Druckwerte stellen keinen über das Leben hinweg konstanten Parameter dar. Da selbst bei Erwachsenen Veränderungen in Abhängigkeit vom Alter auftreten, wären auch im Kindesalter sich verändernde Normwerte zu erwarten. Ein direkter Vergleich der Werte von Kindern und Erwachsenen unterschiedlicher Studien ist aufgrund der bereits beschriebenen, uneinheitlichen Verwendung von Messsystemen und Auswertungsmethoden kaum möglich. Hinzu kommt, dass Indikationen zur Untersuchung und das erwartete Krankheitsspektrum im Erwachsenenalter von dem im Kindesalter abweichen, was die Auswahl und Gewichtung der Untersuchungsparameter beeinflusst. Beispielsweise kommt dem rektoanal Inhibitionsreflex zum Ausschluss eines M. Hirschsprung in der pädiatrischen Diagnostik eine deutlich größere Bedeutung zu.

Im Folgenden werden zum Vergleich von Kindern und Erwachsenen Normwerte für Ruhe- und Kneifdruckwerte herangezogen, da diese die am besten untersuchten Parameter darstellen. In der Klinik St. Hedwig wurden keine Erwachsenen untersucht, weshalb auf Studien aus der Literatur mit ähnlichen Messsystem, Messmethoden und Auswertungsschemata zurückgegriffen werden muss. In einer Publikation von Schuld et al., in der Normwerte von 172 Erwachsenen erhoben wurden, wird eine Sonde der Firma Unisensor verwendet, die der der Klinik St. Hedwig gleicht. In der Messtechnik gibt es geringe Differenzen, da Ruhe- und Kneifdruck in manueller, kontinuierlicher Rückzugstechnik mit einer Geschwindigkeit von 0,5 cm/s ermittelt wurden. Angegeben wurde jeweils der maximale Wert aus den Druckprofilen [7]. Der Ruhedruck entspricht am ehesten dem mittleren Analdruck aus dem Ruheprofil unserer Messungen. Da wir kein Kneifdruckprofil erstellt haben, wird der mittlere maximale Kneifdruck als Vergleichsparameter herangezogen. Die „voluntary contraction“, die als Differenz von Ruhedruck und maximalem Kneifdruck angegeben ist, entspricht dem relativen Kneifdruck unserer Messungen.

Schuld et al. berichten von einem durchschnittlichen analen Ruhedruck von 65,8 mmHg ( $SEM = 1,7$ ;  $KI = 62,2 - 69,4$ ) aller Probanden und einem Wert von 68,8 mmHg ( $SEM = 4,2$ ) der Gruppe der 18 bis 40-jährigen. Diese Werte sind rein deskriptiv höher als der durchschnittliche mittlere Analdruck der Kinder mit 57,36 mmHg. In der graphischen Darstellung zeigt sich ein leichter Anstieg der Ruhedruckwerte vom Kleinkind- hin zum Erwachsenenalter (vgl. Abbildung 41). Ein signifikanter Unterschied lässt sich bei fehlenden Rohdaten nicht belegen.

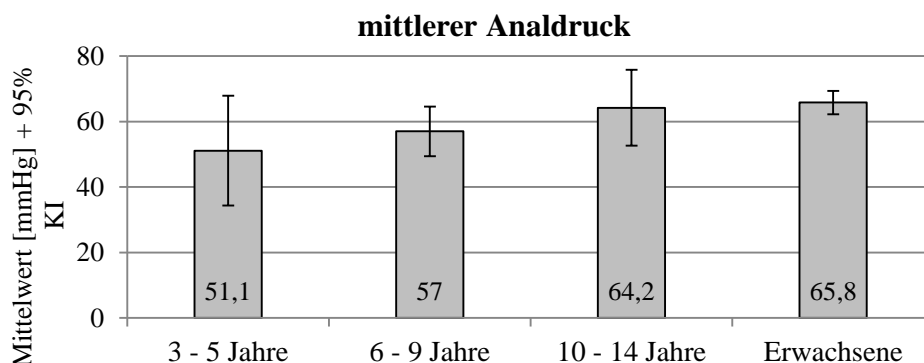


Abbildung 41. Vergleich des mtl.AD unserer Messungen mit dem Ruhedruck von Schuld et al. [7]

Der mittlere maximale Kneifdruck der Kinder liegt im Durchschnitt über den Werten der Erwachsenen aus den Untersuchungen von Schuld et al [7]. Dass die Unterschiede auf die Messtechnik zurückzuführen ist, lassen auch die Daten von Schizas et al. vermuten, die bei dem direkten Vergleich, in schrittweiser Messungen höhere Kneifdruckwerte als im kontinuierlichen Rückzug ermittelten [3]. Somit ist dieser Vergleich wenig aussagekräftig.

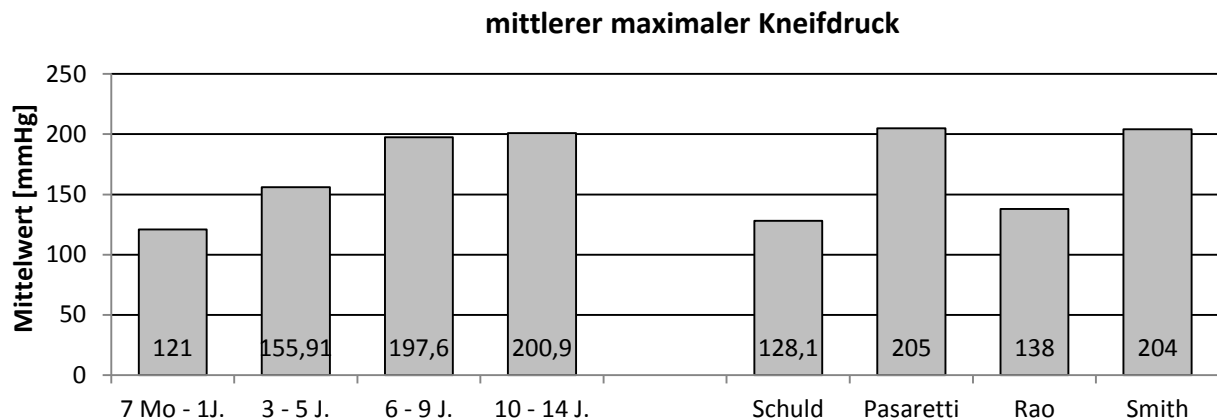


Abbildung 42. Vergleich der maximalen Kneifdruckwerte der Kinder mit den Werten Erwachsener

Die in der MMS®-Software hinterlegten Referenzwerte des maximalen Kneifdrucks von Pasaretti, Rao und Smith variieren stark, was die Definition eines pathologischen Befundes unmöglich macht. Die von Pasaretti und Smith angegebenen Werte liegen in einem vergleichbaren Bereich wie die der zehn bis vierzehn jährigen Kinder (vgl. Abbildung 42). Ähnlich dem Ruhedruck, findet sich auch hier eine rein deskriptive Annäherung der Druckwerte von Altersgruppe zwei bis fünf an die Kneifdruckwerte der Erwachsenen.

Zusammenfassend ergab die Metaanalyse publizierter Normwerte unter Berücksichtigung des Messverfahrens keinen eindeutigen Unterschied zwischen Erwachsenen und Kindern bezüglich der Ruhe- und Kneifdruckwerte. Der Einfluss des Messverfahrens führt zu Differenzen von bis zu 100 mmHg. Eine graphisch erkennbare Annäherung der Druckwerte von Säuglingen bis zu Jugendlichen an die Werte von Erwachsenen lässt sich bei fehlenden Rohdaten nicht verifizieren. Daher kann keine Aussage dazu getroffen werden, ab welchem Alter Erwachsenenwerte herangezogen werden können.

#### 4.3.3 Vergleichbarkeit der Werte von wasserperfundierten und Halbleitersystemen

Normwertstudien wurden größtenteils mit wasserperfundierten Kathetern durchgeführt. Es stellt sich die Frage, ob sich die Werte auf halbleitergestürzte Geräte übertragen lassen. Im Gegensatz zu den Studienergebnissen von Simpson et al., die nur geringe, nicht signifikant, höhere Ruhedruckwerte der wasserperfundierten Manometrie gegenüber anderen Systemen beschreiben [118], zeigte der direkte Vergleich der beiden Systeme in einer Studie von Florisson et al. bei Halbleitern höhere und konsistentere Messergebnisse [119]. Tabelle 52 verdeutlicht die Diskrepanz der Werte zwischen den beiden SONDENSYSTEMEN, die selbst unter Verwendung der gleichen Messtechnik zu verzeichnen sind. Mikrotransducer führen, bis auf eine Ausnahme [64], zu stetigeren Ruhedruckwerten in einem Bereich von 53 mmHg bis 65 mmHg, während bei wasserperfundierten Geräten Schwankungen um mehr als 50 mmHg auftreten.

Im pädiatrischen Bereich gibt es bisher keine Arbeit zum direkten Vergleich der beiden Systeme. Wie bereits unter 5.1.2.3 beschrieben, zeigen die Ruhedruckwerte unserer Untersuchungen mit Mikrotransducer und die mit einem wasserperfundierten System erhobenen Werte von Schimscha wenig Kongruenz. Die Kneifdruckmessung ist hingegen vom Messsystem weniger beeinflusst. Es lässt sich letztendlich nicht sagen, ob die Messtechnik oder das Messsystem den größeren Einflussfaktor darstellt, jedoch ist die Verwendung von Normwerten, die an das Messsystem angepasst sind sinnvoll und gerechtfertigt.

## 4.3 Vergleich der erhobenen Normwerte mit veröffentlichten Werten

Tabelle 52 Vergleich der Ruhedruckwerte von wasserperfundierten Systemen (= w.p.) und Halbleiterkathetern

Technik	Autor	Katheter	n	Probanden	Ruhedruck [mmHg]	
					M	SD
Schrittweiser Rückzug	Loening-Baucke '85	Microtip	36	66-81J 21-40J	53	15
					60	13
	Chaliha	Microtip	283	Schwangere	59,3	15,3
	Felt-Bersma '91	w.p.	80	Erwachsene	66	20
	Benninga '94	w.p.	13	Kinder	55	16
	Freys '98	w.p.	20	Männer	108,2	31,6
	Bharucha '04	w.p.	19	Frauen	66*	6,8*
	Pehl '07	w.p.	143	< 60 J.	w 79 <sup>2</sup> / m 87 <sup>2</sup>	
				60-69 J.	w 75 <sup>2</sup> / m 72 <sup>2</sup>	
				> 70 J.	w 47 <sup>2</sup> / m 67 <sup>2</sup>	
Kontin. Rückzug	Loening-Baucke '85	Microtip	36	66-81J 21-40J	111	40
					122	24
	Schuld '12	Microtip	172	Erwachsene	65,8 <sup>3</sup>	
	Schimscha '04	w.p.	93	Kinder	99,8 <sup>4</sup>	
	Diamant, McHugh	w.p.	22	Erwachsene (M = 27 J)	w 103,9 / m 94,4	23 / 18,3
		w.p.	37	20-29J	w 102,3 / m 101,2	19,9 / 20,5
	Pedersen '89	w.p.	78	Erwachsene	w 46 / m 60	40-58 <sup>6</sup> /51-98 <sup>6</sup>
	Benninga '94	w.p.	13	Kinder	109	25,5
	Schizas '11	w.p.	24	Erwachsene	w 100,5 / m 88,1	30,2 / 34,8

Anmerkung: Auszug der Tabelle 43, sortiert nach Messtechnik und Katheter.

<sup>1</sup> von cmH<sub>2</sub>O in mmHg umgerechnet, <sup>2</sup> Median, (Range), <sup>3</sup> Median ± SEM, <sup>4</sup> Median (IQA), <sup>5</sup> M (95 % KI), <sup>6</sup> Median (95 % KI), \* Referenz rektaler Ruhedruck

#### 4.4 Vergleich der Messwerte kinderproktologischer Patienten mit den Normwerten

Die anorektale Manometrie wird insbesondere in der Diagnostik von Stuhlentleerungsstörungen angewandt und soll Hinweise auf deren Ursache, Therapiemöglichkeiten und Therapieerfolg geben. Sie ist jedoch nur eine Komponente der meist umfassenden Diagnostik, da die Stuhlkontinenz und der Defäkationsvorgang durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Faktoren bedingt sind. Neben den quergestreiften und glatten Muskeln des Sphinkterkomplexes, sind die Compliance und die Reservoirfunktion des Rektums, Dehnungsrezeptoren in Rektum, M. puborectalis und Beckenbodenmuskulatur [20], die sensible Schleimhaut des Anoderms, ein intaktes Nervensystem, der arteriell gespeiste Schwellkörper (Corpus cavernosum recti) und psychische Komponenten beteiligt. Die Manometrie kann muskuläre Schwächen oder Defekte nachweisen und Hinweise auf neuronale Defekte geben. Im Folgenden wird die Rolle der Manometrie für die Krankheitsbilder der funktionellen Obstipation, Überlaufenkopresis, Inkontinenz, M. Hirschsprung und anorektale Malformationen analysiert und in ihrer Diskriminationsfähigkeit zwischen der gesunden Normalpopulation und dem Patientenkollektiv der Klinik St. Hedwig beurteilt.

##### 4.4.1 Funktionelle Obstipation und Überlaufenkopresis

Die Manometrie kann in der Diagnostik der chronischen Obstipation, nach einer ausführlichen Anamnese und körperlichen Untersuchung, vor allem Anhaltspunkte für das zu Grunde liegen eines M. Hirschsprung oder einer Beckenbodendyssynergie geben. Sie ist in den Leitlinien zu Obstipation im Kindesalter als Diagnostikum empfohlen[24]. Laut Rao liefere die anorektale Manometrie bei 81 % der Patienten mit Obstipation neue Informationen, bestätige die Diagnose in 75 % der Fälle und beeinflusse in 67 % der Fälle die Behandlung [103]. Da Obstipation jedoch eine sehr heterogene Ätiologie hat, sei ein einzelner Test nicht für die Identifikation der zugrundeliegenden Mechanismen ausreichend [101]. In der Literatur kommen bei chronischer Obstipation und Überlaufenkopresis insbesondere die Parameter Ruhedruck, Kneifdruck und die Aufzeichnung des Pressversuchs und des rektoanalen Inhibitionsreflexes zur Anwendung.



*Ruhe- und Kneifdruck zur Beurteilung der passiven und aktiven Muskelfunktion*

Der Ruhedruck der Kinder mit funktioneller Obstipation die in Regensburg untersucht wurden, war verglichen mit asymptomatischen Kindern unabhängig von der Messtechnik signifikant erhöht. Hier wiesen mittlerer Ruhedruck und mittlerer Analdruck eine gute Übereinstimmung auf. Der maximale Analdruck hingegen scheint zur Beurteilung weniger geeignet. Mehr als doppelt so viele Kinder zeigten im Vergleich zur gesunden Stichprobe hypertone Werte. Kindern mit obstipationsbedingter Überlaufenkopresis wiesen hingegen vermehrt hypotone Ruhedruckwerte auf. Dieses Ergebnis entspricht dem anderer Autoren [41,120,121]. Daraus lässt sich schließen, dass die Überlaufenkopresis mit einer Schwäche des Schließmuskels assoziiert zu sein scheint, während ein hypertoner Sphinkter mit funktioneller Obstipation einhergeht. Eine Kausalität lässt sich aus den vorhandenen Daten nicht ableiten.

Die von Loening-Baucke beschriebenen verminderten Kneifdruckwerte bei obstipierten Kindern [121] konnten im Regensburger Patientenkollektiv bei funktioneller Obstipation nur in geringem Maße während des Dauerkneiftests registriert werden. Bei Vorliegen einer Enkopresis wurde hingegen weder ein kurzfristiger noch dauerhafter Kneifdruck in ausreichender Höhe erzielt. Der Unterschied des maximalen Kneifdrucks zwischen Patienten mit Obstipation und Enkopresis verfehlte nur knapp einen signifikanten Wert (t-Test  $t(37) = 2,020$ ;  $p = 0,051$ ). Dies lässt vermuten, dass durch das fehlende Vermögen, einen willentlichen Verschlussdruck aufzubauen, insbesondere die Fähigkeit, flüssigen Darminhalt zurückzuhalten, beeinträchtigt ist.

Obstipierte unterscheiden sich von Gesunden somit im mittleren Ruhedruck und mittleren Analdruck, von Patienten mit Enkopresis im maximalen Kneifdruck. Patienten mit Enkopresis weisen auch im Vergleich zu Gesunden verminderte Kneif- und Dauerkneifdruckwerte auf.

*RAIR zur Beurteilung einer neurologischen Fehlfunktion*

Patienten mit Obstipation zeigen in der Untersuchung des rektoanal Inhibitionsreflexes, auch wenn die Untersuchung nicht auf den Ausschluss eines M. Hirschsprung abzielt, auffällige Reflexmuster. So findet sich eine verminderte oder fehlende Relaxation nach Ballonstimulation [77,100,121,122] und ein erhöhtes Volumen zum Auslösen des RAIR [77,97,100,120,121]. Laut Xu et al. bestehe für die Identifikation von obstipierten Patienten anhand der prozentualen Relaxation eine Sensitivität von 67 % und eine Spezifität von 64 % [100].

Des Weiteren werden topographische und morphologische Veränderungen des Reflexmusters bei Patienten mit Enkopresis von Raghunath et al. beschrieben [82]. Unter Sedierung und Verwendung eines Ballonvolumens von 60 ml war die Zeit bis zur maximalen Relaxation, die Gesamtrelaxationszeit und die Zeit bis zur Erholung auf das Ruhedruckniveau bei Kindern mit Enkopresis, im Vergleich zu Kindern mit Obstipation ohne Enkopresis, verlängert [82]. Es ist unklar, ob diese neuromuskulären Veränderungen Ursache oder Folge der Enkopresis sind. Insbesondere im Hinblick auf die ebenfalls beschriebene topographische Variabilität der Reflexantwort, wären genaue Analysen durch Aufzeichnung mittels 3D-HRM-Sonden zur Beurteilung des Stellenwertes dieser Ergebnisse hilfreich.

In unseren Untersuchungen lag eine leicht verminderte Auslösbarkeit des Reflexes bei kaum veränderter prozentualer Relaxation sowohl bei Obstipierten als auch bei Überlaufenkopresis vor. Dieser Parameter wies zudem eine schlechte Korrelation zu dem Untersucherurteil auf und konnte in nicht zur Diskrimination zwischen Kranken und Gesunden verwendet werden. Als Fehlerquelle ist hier die bereits beschriebene Verwendung geringer Ballonvolumina zu sehen, da auch 25 % der asymptomatischen Kinder keine Relaxation erkennen ließen. Bei unklaren Ergebnissen sollte daher das Ballonvolumen gesteigert werden.

Es ist unklar, ob die morphologischen Veränderungen des Reflexes und die erhöhten Volumina zum Auslösen des Reflexes als Ursache oder Folge der Obstipation anzusehen sind [97]. Eine Follow-up-Studie wäre insbesondere im Hinblick auf die Korrelation zwischen Häufigkeit des Stuhlschmierens und dem Volumen, das zum Auslösen des RAIR führt [97], sowie hinsichtlich der Reversibilität der Veränderungen unter Therapie interessant.

#### *Pressmanöver zur Beurteilung von Beckenbodenkoordinationsstörungen*

Ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der Kinder mit Obstipation und Überlaufenkopresis, im Vergleich zu Gesunden war ein verminderter analer Druckabfall während des Pressmanövers. Auch traten paradoxe anale Kontraktionen häufiger auf, die als Hinweis auf eine gestörte Koordination der Beckenbodenmuskulatur zu werten sind [19,50]. Feinberg et al. deuten das Auftreten paradoxer Kontraktionen des M. puborectalis als unwillkürliche Form der Rückhaltesymptomatik [97]. Anhand des Pressmanövers kann die Manometrie somit zur Klärung der Ursache der Obstipation beitragen. Sie habe zur Identifikation von Patienten mit Beckenbodendyssynergie laut Murad-Regas eine ähnliche Genauigkeit wie die anale Sonographie und die Defäkographie [96]. Eine hohe Rate an falsch

positiven Ergebnissen stellt die Wertigkeit des Tests allerdings in Frage [19,97,123,124]. Diesem Problem widmeten sich Duthie et al., die eine Reduktion der falsch positiven Befunde um bis zu 80 % bei Wiederholung des Tests zu Hause erzielten [123], was für den starken Einfluss von Schamgefühl [42] und der unphysiologischen Untersuchungsbedingungen spricht [123]. Eine falsche Diagnosestellung und unnötige Therapiemaßnahmen sollten vermieden werden, indem der Test bei auffälligen Befunden wiederholt und durch zusätzliche Untersuchungen, wie der Ballonexpulsion oder Defäkographie, ergänzt wird [13].

#### *Asymmetrie*

Die signifikant verminderte Asymmetrie bei Kindern mit funktioneller Obstipation lässt sich durch anatomische, physiologische oder neurologische Bedingungen nicht offensichtlich erklären. Die örtliche Auflösung mit der hier verwendeten Technik ist jedoch gering und bietet keine hinreichende Aussage über die Sphinkterbeschaffenheit. Daher wäre eine weiterführende Untersuchung dieses Sachverhaltes mit einer hochauflösenden Sonde denkbar.

#### *Einsatz zur Therapieplanung und Verlaufskontrolle des Biofeedback-Trainings*

Die Therapie bei Obstipation und Überlaufenkopresis kann durch die Manometrie optimiert werden indem Patienten identifiziert werden, die bei Beckenbodendyssynergie von einem Biofeedbacktraining profitieren [101]. Auch dient die Manometrie zur Verlaufskontrolle, um einen Langzeiteffekt der Therapiemaßnahme zu objektivieren.

Die Effektivität der Therapiemaßnahme ist jedoch nicht endgültig geklärt. Bei ausgewählten Patienten konnte in mehreren Studien die positive Wirkung des Biofeedbacktrainings bestätigt werden [19,125–127] und ist laut einer Studie der alleinigen Gabe von Laxantien vorzuziehen [128]. Da sich jedoch auch Berichte finden, dass es keinen Langzeiteffekt bei Kindern mit Obstipation, Enkopresis und abnormaler Stuhlentleerung gebe [129], ist fraglich ob das Biofeedbacktraining allein zu einer besseren Kontrolle des Beckenbodens und Symptombesserung führt. Andere Therapieansätze, bestehend aus einer Kombination von Patientenschulung, stuhlregulierenden Maßnahmen, Ernährungsumstellung und Toilettentraining, haben laut einer Studie von 2005 eine Normalisierung des Ruhedrucks sowohl bei Patienten mit Obstipation [130] als auch bei Patienten mit Obstipation und Enkopresis zur Folge [121].

*Zusammenfassung – Manometrie zur Diagnostik der Obstipation*

Zusammenfassend ist die anorektale Manometrie bei chronischer Obstipation und der damit oft verbundenen Überlaufenkopresis, besonders der Identifikation von Beckenbodendyssynergie und zur Indikationsstellung und Objektivierung der Auswirkungen des Biofeedbacktrainings eingesetzt werden kann. Zur Überprüfung des Erfolges sollten regelmäßige klinische und manometrische Verlaufskontrollen, und bei fehlender Symptombesserung, eine Anpassung des Therapieregimes erfolgen. Die Untersuchung sollte mindestens die hierfür relevanten Parameter Ruhedruck, Kneifdruck, RAIR und Pressen beinhalten.

## 4.4.2 Inkontinenz

Die Inkontinenz als Unfähigkeit Darminhalt willentlich zurück zu halten, stellt eine weitere Indikation zur Manometrie dar. Kritiker der anorektalen Manometrie argumentieren, dass die häufigsten Ursachen der Inkontinenz bereits durch ausführliche Anamnese und körperliche Untersuchung diagnostiziert werden könnten [131], eine Differenzierung gesunder, obstipierter und inkontinenter Patienten durch die anorektale Manometrie alleine nicht möglich sei [50] und eine Korrelation der manometrischen Parameter mit dem Grad der Inkontinenz nicht nachgewiesen werden könne [132]. Zudem wird ein fehlender prognostischer Wert für die Kontinenz beanstandet [61]. Dies gibt Anlass die Indikation dieses Untersuchungsverfahrens zu überdenken und individuell abzuwägen, ob hierdurch ein zusätzlicher Nutzen entsteht.

Im Wesentlichen fokussiert sich der Nutzen der anorektalen Manometrie bei diesen Patienten auf die Objektivierung der Funktionseinschränkung der Sphinktermuskulatur. In der Literatur wird der Manometrie zudem zugeschrieben, dass sie eine Differenzierung der Subtypen der Inkontinenz, wie beispielsweise neurogener und muskulärer Inkontinenz [28] oder Überlaufenkopresis ermögliche. Laut Rao et al. könne sie in 98 % der Fälle die Diagnose der Inkontinenz bestätigen, neue Informationen bezüglich der rektalen Wahrnehmung, der rektalen Compliance und des den Inhibitionsreflex auszulösenden Volumens liefern. Auch könne in 84 % der Fälle die Behandlung durch Zuweisung zu Biofeedbacktraining oder chirurgischen Eingriffen beeinflusst werden [103]. Insbesondere in Verbindung mit anderen diagnostischen Verfahren trägt die Manometrie zur Therapiewahl, besonders hinsichtlich des Biofeedbacktrainings bei [133,134]. Diese Aspekte rechtfertigen den Einsatz der Manometrie.

*Ruhe- und Kneifdruck als Hinweis auf Schwäche des Sphinkters*

Inkontinente Patienten der vorliegenden Studie zeigten einen verminderten mittleren Ruhedruck und maximalen Analdruck, als Hinweis auf eine Schwäche des inneren Schließmuskels. Weiterhin fiel eine herabgesetzte Kneifleistung als Korrelat zu einer Schwäche oder fehlenden Kontrolle über den M. Sphincter ani externus und den M. puborectalis auf. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit publizierten Studien [14,28,50,134,135].

Problematisch ist jedoch, dass ein großer Anteil der erkrankten Personen normale Ruhe- und Kneifdruckwerte aufweisen [20,85] und die Werte inkontinenter und obstipierter Patienten starke Überlappungen zeigen [50]. Im Regensburger Patientenkollektiv wies der maximale Kneifdruck die beste Fähigkeit zur Abgrenzung inkontinenter Patienten sowohl von gesunden Kindern als auch von Patienten mit anderen Beschwerden auf. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Labermeyer, die dem Kneifdruck und einem errechneten Inkontinenzscore eine gute Diskriminationsfähigkeit zwischen Inkontinenten und Kontinenten zuschreibt [136]. In einer 2005 veröffentlichten Publikation von Bharucha et al. erreichte die Manometrie gemeinsam mit klinischen Variablen zur Unterscheidung inkontinenter und gesunder Frauen eine Sensitivität von 82 % und eine Spezifität von 90 % [135]. Überlaufenkopresis, als mögliche Ursache der Inkontinenz, lies sich durch Ruhe- und Kneifdruckmessungen nicht abgrenzen.

*Manometrieergebnisse als Indikation zum Biofeedbacktraining*

Ist eine Schwäche des äußeren Schließmuskels nachgewiesen, so kann als Therapiemaßnahme ein Biofeedbacktraining zur Erlangung einer besseren Kontrolle und Stärkung des Muskels in Betracht gezogen werden. Für dieses Therapieverfahren, das seit vielen Jahren in der Behandlung der Inkontinenz eingesetzt wird, ist dennoch der Vorteil gegenüber anderen konservativen Therapieverfahren umstritten. Da eine Korrelation des Effektes mit manometrischen Befunden nicht eindeutig belegbar ist [50,137], wird in den „Empfehlungen zur anorektalen Manometrie“ keine Indikation zur manometrischen Verlaufskontrolle während, und nach erfolgtem Biofeedbacktraining gestellt. Vor der Therapie sei sie ebenfalls nur zur Bestätigung einer Beckenbodendyssynergie geeignet, nicht jedoch bei jedem Patienten mit Inkontinenz indiziert [13].

*Länge der Hochdruckzone als Hinweis auf Muskeldefekte*

Es konnte in der vorliegenden Studie bei Inkontinenten Patienten eine kürzere Hochdruckzone und insbesondere ein verminderter Anteil der Hochdruckzone am gesamten Analkanal identifiziert werden. Diese Erkenntnis legt nahe, dass die Länge der Hochdruckzone einen größeren Einfluss auf die Kontinenz hat als die Länge des gesamten Analkanals. Eine Zuordnung zu einzelnen Muskelanteilen lässt sich nicht sicher treffen, was die Aussagekraft einschränkt. Die Manometrie kann somit zur ersten Abschätzung muskulärer Defekte als Ursache der Inkontinenz genutzt werden.

*Relaxation des inneren Sphinkters*

Unsere Ergebnisse geben einen Hinweis darauf, dass Inkontinenz auf eine gestörte Koordination, mechanische Dilatation des Rektums und eine gestörte neuronale Verschaltung zurückzuführen ist. Eine verminderte Relaxationsfähigkeit des inneren Sphinkters, wie sie von Hong [14] oder Feinberg [97] beschrieben wurden, zeigte das Regensburger Patientenkollektiv insbesondere während des Pressens, in geringerem Maße auch durch rektale Dehnung. Feinberg et al. sprechen zudem von einer positiven Korrelation zwischen der Frequenz des Stuhlschmierens und dem Volumen zum Auslösen des RAIR [97].

*Aussagekraft weiterer Parameter*

Es sind weiterhin Störungen der rektalen Sensibilität, eine verminderte Compliance und eine herabgesetzte Wahrnehmungsschwelle als Hinweis auf Perzeptionsstörungen beschrieben [134]. Diese Parameter wurden in unserer Untersuchung nicht erhoben.

*Zusammenfassung Manometrie zur Diagnostik der Inkontinenz*

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die Manometrie zwischen asymptomatischen und inkontinenten Kindern unterscheiden, nicht jedoch Patienten mit Überlaufenkopresis abgrenzen kann. Sie kann zur Klärung der Ursache einer Inkontinenz anhand des Ruhe- und Kneifdrucks eine Sphinkterschwäche objektiviert und mit Hilfe der Länge der Hochdruckzone Hinweise auf Sphinkterdefekte geben. Das Pressmanöver kann zudem eine Koordinationsstörung der Beckenbodenmuskulatur aufdecken.

#### 4.4.3 Morbus Hirschsprung

Die Ausschlussdiagnostik des Morbus Hirschsprung stellt eine der wichtigsten Indikationen zur anorektalen Manometrie im Kindesalter dar [30](Umfrage Kapitel 4.5.2). Bei Kindern, die seit ihrer Geburt unter Obstipation leiden, sollte frühzeitig an das Vorliegen eines M. Hirschsprung gedacht werden, da dies die Wahl der Therapie entscheidend beeinflusst. Im Mittelpunkt steht der fehlende Nachweis der Relaxation des internen Sphinkters [13]. Dennoch ist der Goldstandard die sachgerechte histologische und immunhistochemische Untersuchung einer geeigneten Biopsie [30,138], die in der Erkennung des M. Hirschsprung die höchste Spezifität und Sensitivität aufweist.

Ein Vorteil der Manometrie besteht darin, dass der Reflex bereits wenige Tage nach der Geburt bei reifen Neugeborenen nachweisbar ist [35], was einen frühzeitigen diagnostischen Einsatz bereits bei Säuglingen erlaubt. Ein Fehlen des Reflexes bei Frühgeborenen kann jedoch auch auf eine Unreife des Plexus myentericus zurückgeführt werden [37]. Bereits 1967, als der Zusammenhang der Sphinkterrelaxation mit dem Fehlen von Ganglienzellen in Zusammenhang gebracht worden war, empfahlen Lawson und Nixon die manometrische Untersuchung des RAIR als diagnostisches Verfahren zum Nachweis einer Aganglionose [38].

Es wird von einer Sensitivität von 83 %, einer Spezifität von 93 %, einem positiv prädiktiven Wert von 94 % und einem negativ prädiktiven Wert von 88 % dieses Verfahrens in der Diagnostik des M. Hirschsprung berichtet, die mit denen anderer diagnostischer Testverfahren vergleichbar sei [139]. Im Vergleich hierzu hat der Kontrasteinlauf eine Sensitivität von 75 % und eine Spezifität von 97 %, die histologische und immunhistochemische Untersuchung geeigneter Rektumbiopsien eine Spezifität von 100 % und eine Sensitivität von 93 %. Eigene Ergebnisse konnten die diagnostische Wertigkeit nicht bestätigen. In der Klinik St. Hedwig erreichte die Untersuchung des RAIR zum Nachweis des M. Hirschsprungs eine Sensitivität von 79 % und eine Spezifität von 72 %. Die Manometrieergebnisse zeigten eine Übereinstimmung von 79 % ( $n = 11$  richtig positiv,  $n = 3$  falsch negativ) mit den Biopsieergebnissen.

*Falsch positive Befunde (fehlende Reflexantwort)*

Das Fehlen des Reflexes ist ein Hinweis auf das Vorliegen eines Morbus Hirschsprung, hierfür jedoch nicht beweisend und bedarf weiterer Diagnostik [13]. Eine fehlende Reflexantwort bei Kindern ohne nachweisbare Aganglionose wird als falsch positiver Befund gewertet. Dieser findet sich vermehrt bei Kindern unter drei Monaten [30] oder bei Vorliegen eines Megakolons [42], Stuhlfüllung der Rektumampulle oder fehlerhafter Positionierung der Sensoren. In einer von Raza 2009 durchgeführten Studie zeigten 26 von 151 Patienten (17 %) mit Inkontinenz und 8 von 132 Patienten (6 %) mit Obstipation ohne Megarektum eine fehlende Reflexantwort [50]. Ebenso sei der Reflex nach chirurgischen Eingriffen wie Sphinktermyotomie und tiefer Rektumresektion typischerweise nicht auslösbar [19]. Wie die hier vorliegende Studie zeigt, war auch bei zu 25 % der gesunden Kinder kein sicherer Nachweis des Reflexes möglich. Einschränkend ist hinzuzufügen, dass im Vergleich zu anderen Studien relativ kleine Ballonvolumina verwendet, was für die Zahl der falsch positiven Ergebnisse eine mögliche Erklärung bietet. Als Konsequenz der hohen Fehlerrate, ist eine Wiederholung des Tests unter optimalen Bedingungen mit leerer Rektumampulle und größeren Ballonvolumina anzustreben.

*Falsch negative Befunde (vorhandene Reflexantwort)*

Der Nachweis einer normalen Relaxation schließt die Erkrankung eines M. Hirschsprung nicht endgültig aus [30]. Eine Reflexantwort trotz Aganglionose wird als falsch negativer Befund gewertet. Drei der 14 (21 %) untersuchten Kinder mit nachträglich histologisch bestätigtem M. Hirschsprung ließen primär eine Reflexantwort erkennen. Zu ähnlich hohen Fehlerraten gelangten Lorijn et al., die in einer prospektiven Studie mit 111 Kindern bei vier Patienten mit gesicherterem M. Hirschsprung einen Inhibitionsreflex auslösen konnten [139]. Bereits in einer Veröffentlichung von Aaronson und Nixon aus dem Jahre 1972 wurde beschrieben, dass nur bei 74 % der Patienten mit nachgewiesenem M. Hirschsprung anhand des RAIR eine sichere Diagnose und bei 11 % eine falsche Diagnose gestellt werde [43]. Ursächlich für falsch negative Befunde kann ein ultrakurzer M. Hirschsprung sein, sofern der Ballon über dem aganglionären Segment liegt [43]. Folglich sind trotz Refllexnachweis die Anamnese, die Klinik, der Kontrasteinlauf sowie der Verlauf der Obstipation als entscheidende Hinweise nicht außer Acht zu lassen. Bei Fortbestehen der Symptomatik ist im Zweifel eine biopsische Sicherung anzustreben.



*Prozentuale Relaxation während des Inhibitionsreflexes*

Neben der rein qualitativen Auswertung des RAIR kann der Prozentsatz, um den der anale Druck ausgehend vom Ruhedruck abfällt, berechnet werden. Den Ergebnissen der vorliegenden Studie zufolge, ist dies kein zuverlässiger Parameter in der Diagnostik des M. Hirschsprung. Weder ein Schwellenwert von 60 % noch von 46 % konnte zum Diagnoseausschluss mit ausreichender Sicherheit eingesetzt werden. Zudem bestätigt das große Konfidenzintervall die geringe Reliabilität dieses Parameters. Eine exakte Aufzeichnung des Reflexes die Voraussetzung zur Interpretation. Fehlende Ruhephasen vor Balloninsufflation und ungewollte Katheterbewegungen während der Aufzeichnung können einen Reflex vortäuschen und zur Berechnung eines falsch hohen Relaxationswertes führen (vgl. Abbildung 43).

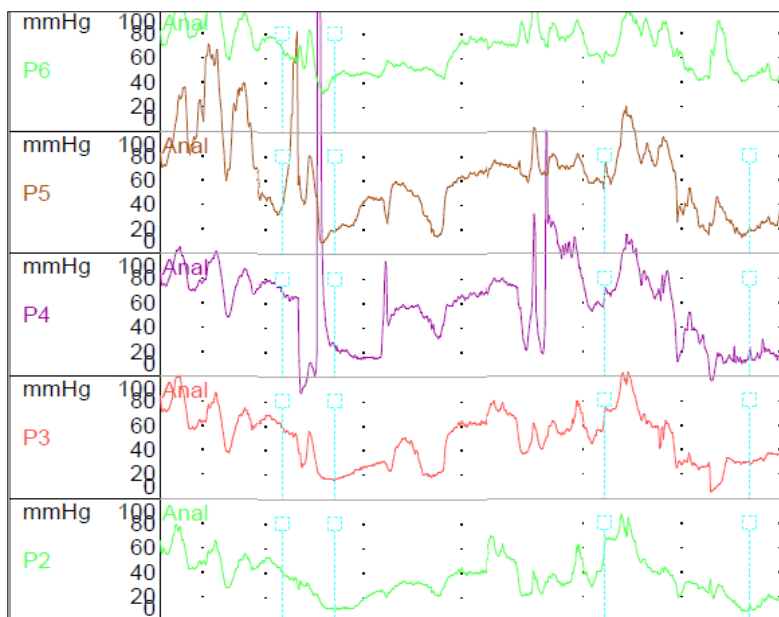


Abbildung 43. Aufzeichnung des Inhibitionsreflexes bei unruhigem Kind  
Anmerkung: die blauen Markierungen zeigen jeweils Beginn der Insufflation und maximalen Druckabfall an; es ist objektiv kein sicherer Nachweis des Reflexes trotz berechneter Relaxation von 86 % möglich. (ID Nr. 243)

*Ruhedruck als weiterer Hinweis auf Funktionsstörung des M. Hirschsprung*

Neben dem Inhibitionsreflex waren bei Kindern mit M. Hirschsprung im Regensburger Kollektiv Abweichungen des Ruhedrucks zu verzeichnen. Entgegen der Erwartung lieferten die stationäre und die Rückzugstechniken hierfür widersprüchliche Ergebnisse. Während der mittlere Ruhedruck in stationärer Messtechnik signifikant erhöht war, lag der aus Durchzugstechnik berechnete Wert unter dem Normbereich. In pathophysiologischer Hinsicht

wäre mit erhöhten Ruhedruckwerten zu rechnen, da die Aganglionose einen erhöhten Muskeltonus verursacht und auch in der klinischen Erfahrung ein höherer Ruhetonus im Analkanal besteht. Folglich scheint die Rückzugstechnik nicht geeignet zu sein, die tatsächlich vorliegende Pathologie korrekt abzubilden.

#### *Postoperative Verlaufskontrolle*

In der Literatur finden sich zum Einsatz der Manometrie bei M. Hirschsprung, neben dem diagnostischen Bereich auch Berichte zur postoperativen Verlaufskontrolle. Nach Durchzugsoperationen zeigten in einer Studie von Zhang et al. 8,6 % der Kinder eine normale Relaxation des inneren Sphinkters [108]. In der gleichen Studie fielen bei postoperativer Obstipation erhöhte Ruhedruckwerte auf. Die Befunde wurden als Dysfunktion oder Achalasie des inneren Sphinkters gewertet und eine Asymmetrie der Analkanaldruckwerte als Hauptursache einer postoperativen Obstipation vermutet [108].

#### *Zusammenfassung: Diskriminationsfähigkeit der Manometrie bei M. Hirschsprung*

Die Diagnose eines M. Hirschsprung besteht neben der zumeist wegweisenden Anamnese und Klinik auf den drei Säulen:

1. Kontrasteinlauf
2. Manometrie
3. Rektumstufenbiopsie

Die relativ hohe Spezifität erlaubt es, die Manometrie als Screeningverfahren bei ausgewählten Patienten einzusetzen. Da die Zuverlässigkeit des Tests durch Bewegungsartefakte, insbesondere bei Neugeborenen und Kleinkindern [140] vermindert ist, ist zu diskutieren, ob sedierende Maßnahmen bei sehr unruhigen oder kleinen Kindern eingesetzt werden sollten. Dies wird von einige Autoren und Kliniken bevorzugt [140] und so die Sensitivität erhöht.

In unseren Untersuchungen ergab die Manometrie eine Sensitivität von 79 % und eine Spezifität von 72 %. Bei klarer Diskrepanz der Klinik und Krankheitsdynamik mit fortbestehendem Verdacht auf M. Hirschsprung muss daher zur weiteren Abklärung eine Biopsieentnahme in Narkose erfolgen. Der Vorteil der Manometrie in der primären Diagnostik der Aganglionose gegenüber der Rektumbiopsie besteht in der deutlich geringeren Invasivität, gegenüber dem Kontrastmitteleinlauf in der Strahlenhygiene. Zusammenfassend

## 4.4 Vergleich der Messwerte kinderproktologischer Patienten mit den Normwerten

ist die Manometrie als Screeninguntersuchung gerechtfertigt, jedoch nicht als alleiniges diagnostisches Untersuchungsverfahren zur Diagnosestellung eines M. Hirschsprung geeignet.

## 4.4.4 Anorektale Malformationen

Die Anlage des Sphinkterkomplexes ist mit dem Schweregrad der anorektalen Fehlbildung eng verbunden. In mehreren Studien wurde bereits auf den Zusammenhang von Stuhlentleerungsstörungen und der Funktion des inneren und äußeren Sphinkters hingewiesen [31,141–143]. Auch im von uns untersuchten Kollektiv nimmt der Anteil von Inkontinenz und Obstipation mit der Höhe der Fehlbildung zu. Zusätzliche sakrale oder spinale Anomalien sind ferner mit einer schlechteren Prognose assoziiert [31,143]. Die anorektale Manometrie wird neben der transanalen Sonographie nach erfolgter Operation zur Beurteilung der Sphinkterfunktion eingesetzt [31].

Übereinstimmend mit anderen Publikationen, zeigen die postoperativen Manometriergebnisse unserer Patienten, verminderte Ruhe- und Kneifdruckwerte [31,142], einen signifikant verkürzten Analkanal und Hochdruckzone [142], eine herabgesetzte Auslösbarkeit des RAIR sowie eine verminderte Relaxationsfähigkeit des inneren Sphinkters bei rektaler Dehnung oder Pressen [141,142]. Dies gilt sowohl im Vergleich zur gesunden Referenzgruppe als auch zu Patienten ohne ARM.

Ein intakter RAIR in Verbindung mit einem normwertigen Ruhedruck sprechen für einen funktionsfähigen inneren Sphinkter [141,144], dessen Funktion in einem direkten Zusammenhang mit postoperativer Kontinenz steht [142,145]. Weiterhin kann die Manometrie in der postoperativen Verlaufskontrolle anhand der Asymmetriewerte überprüfen, ob der Muskel zirkulär angelegt wurde. Wichtige Befunde werden im Folgenden genauer ausgeführt.

*Ruhe- und Kneifdruck zur Beurteilung des Sphinkterkomplexes*

Der postoperativ verminderte Ruhedruck ist ein Hinweis auf eine Schwäche vor allem des inneren Sphinkters. Bei intermediären und hohen Fehlbildungen ist diese Schwäche, bedingt durch die initial fehlende Sphinkteranlage, stärker ausgeprägt als bei tiefen ARM [31,144]. Dies zeigt sich neben der Manometrie auch in sonographischen Untersuchungen des inneren Sphinkters [31,144]. Insbesondere bei tiefen Fehlbildungen kann die Manometrie daher zur

Beurteilung der postoperativen Sphinkterfunktion eingesetzt werden und somit zur Kontinenzprognose beitragen.

Niedrige Kneifdruckwerte weisen auf die Schwäche des externen Sphinkters hin und sind ebenfalls mit Inkontinenzbeschwerden assoziiert [31]. Bei diesen Patienten kann das Biofeedbacktraining die Therapie ergänzen. Die Ergebnisse von Leung et al. sprechen für den positiven Nutzen dieser Therapiemaßnahme nach Korrekturoperationen bei ARM [146]. Bei hohen Fehlbildungen oder schwerwiegenden Defekten des Sphinkters seien hingegen zusätzliche Maßnahmen, wie abführende und diätische Maßnahmen oder eine Irrigationstherapie erforderlich [144].

Im Regensburger ARM-Kollektiv ließ sich, trotz Hinweisen auf das vermehrte Auftreten von Obstipation und Inkontinenz und der Abnahme der Ruhe- und Kneifdruckwerte mit dem Schweregrad der Fehlbildung, keine Korrelation zwischen Stuhlentleerungsstörungen und Ruhe- oder Kneifdruckwerten nachweisen. Dies ist auf die sehr geringe Fallzahl zurück zu führen. Eine Aussage zur Wertigkeit der Manometrie in der Diagnostik und Therapieplanung nach Korrekturoperation bei anorektaler Fehlbildungen, lässt sich anhand unserer Daten nicht sicher treffen. Weitere Untersuchungen an einem größeren Kollektiv und einem längeren Nachuntersuchungszeitraum wären hier sinnvoll.

#### *RAIR als Nachweis einer koordinierten Muskelfunktion*

52 % der Kinder mit ARM zeigten in der vorliegenden Studie in der ersten postoperativen Untersuchung eine adäquate Reflexantwort bei ebenfalls verminderter durchschnittlicher prozentualer Relaxation des inneren Sphinkters. Hinweise auf einen veränderten RAIR liefern auch Untersuchungen von Kumar et al, die deutlich höhere Volumina zum Auslösen des RAIR benötigten [142], sowie eine Studie von Caldaro et al., die eine herabgesetzte Auslösbarkeit des Reflexes bei einem Ballonvolumen von 20 ml nachwies [144]. Unsere Daten lassen einen Zusammenhang des RAIR mit der Höhe der Fehlbildung erkennen, ein Aspekt, der bereits von anderen Autoren beschrieben wurde. Der Anteil der Patienten mit nachweisbarer Sphinkterrelaxation sank von tiefen mit 80 - 83 % auf 50 % bei intermediären und schließlich auf 16 - 18 % bei hohen Fehlbildungen [140,141].

*Asymmetrie*

In der postoperativen Verlaufskontrolle bei Kindern mit anorektalen Fehlbildungen stellt sich die Frage nach den Symmetrieverhältnissen des neu angelegten Sphinkterkomplexes. Laut Schuster et al. sei nach PSARP-Operation eine größere Asymmetrie ein Hinweis auf eine inkorrekte Positionierung des Neorektums im Muskel [132]. Patienten der vorliegenden Studie wiesen leicht erhöhte Asymmetriewerte auf, die mit dem Schweregrad der Fehlbildung zunahm.

Benz und Kienle nutzten die radiäre Asymmetrie als Verlaufsparemeter nach Pena-Operationen bei Kindern mit hohen oder intermediären anorektalen Fehlbildungen. Sie stellten fest, dass im Verlauf von drei Jahren nach der Operation der Asymmetriewert allmählich abnahm. Sie interpretierten dies als Reifungsprozess und symmetrische Ausrichtung der Muskelfasern des Sphinkterkomplexes [147]. Dies lässt die Manometrie neben der direkten postoperativen Kontrolle auch als Verlaufsuntersuchung als sinnvoll erscheinen.

*Obstipation und Inkontinenz als postoperative Komplikationen*

Häufige postoperative Komplikationen die Patienten stark beeinträchtigen können, sind Obstipation und Inkontinenz [31,144]. Rintala beschreibt einen Anteil von 30 % mit schlechten Outcome nach der Operation in Bezug auf das Erreichen der Kontinenz [143]. An der Klinik St. Hedwig litten 19 (70 %) Kinder unter postoperativen Stuhlentleerungsstörungen. 13 der 27 Patienten mit ARM hatten mindestens eine Episode mit Obstipation und unabhängig davon berichteten 13 Kinder von Inkontinenzbeschwerden.

Muskeltonus und Reflexverhalten des Sphinkters können als Hinweis auf eine gestörte Propriozeption des Rektums, auf Narben, Defekte oder eine Schwäche des inneren Sphinkters [141] sowie das Vorliegen eines Megarektums gewertet werden [77,97]. Das Megarektum, als folgenschwere Komplikation, kann sowohl Ursache als auch Folge einer Obstipation sein. Es bestehe ein Zusammenhang von präoperativ nachgewiesenem Megarektum und der Entwicklung einer postoperativen Obstipation [32]. Ursächlich hierfür sei bei Kindern mit tiefen ARM laut Burjonrappa et al. eine unzureichende Stuhlentleerung während der präoperativen Bougierungstherapie mit daraus resultierender langfristiger Überdehnung des Rektums, die sich postoperativ nicht zurückbilden würde [145]. Auch sakrale Anomalien und die damit verbundene gestörte Propriozeption und Hypomotilität des Darms [32] können zur Entwicklung eines Megarektums beitragen [145]. Eine Therapieoption ist die Resektion des

betroffenen Darmabschnittes, die bei Patienten mit intaktem inneren Sphinkter zur Kontinenz oder bei Überlaufenkopresis zu einem reduzierten Einsatz von Laxantien führe [32,141]. Eine regelmäßige Kontrolle und der frühzeitige Einsatz von Laxantien bei ersten Zeichen der Obstipation seien von entscheidender Bedeutung um Komplikationen vorzubeugen [32].

Zusammenfassend bietet die Manometrie bei Kindern mit anorektalen Malformationen die Möglichkeit den postoperativen Funktionszustand sowohl des inneren als auch des äußeren Sphinkters zu objektivieren und dadurch frühzeitig Defekte oder Schwächen nachzuweisen. Dies gilt insbesondere für die Verlaufskontrolle bei Kleinkindern vor dem Erreichen der physiologischen Stuhlkontinenz und der Fähigkeit sich verbal mitzuteilen [142] und ermöglicht die frühzeitige Einleitung unterstützender Therapiemaßnahmen. Eine abschließende Aussage zur Diskriminationsfähigkeit und Vorhersagekraft in Bezug auf postoperative Stuhlentleerungsstörungen lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht treffen. Bildgebende Verfahren sollten hinzugezogen werden, die zusätzliche Informationen über Sphinkterdefekte und Narbenbildung geben [142].

## 4.4.5 Vergleich der Manometriedaten von Erkrankten mit den Normwerten

Der Vergleich der einzelnen Patientengruppen mit den erhobenen Normwerten, hatte zum Ziel, diejenigen Parameter zu identifizieren, die eine gute Fähigkeit zur Abgrenzung der Patienten von Gesunden haben. Hierzu sind in Tabelle 53 für die Krankheitsbilder Obstipation, Überlaufenkopresis, Inkontinenz, M. Hirschsprung und anorektale Malformationen jeweils die relevanten von der Norm abweichenden Testmanöver und Messparameter gegenübergestellt. So kann in der Diagnostik die Auswahl der Untersuchungsbestandteile an das entsprechende Krankheitsbild bzw. an die vorherrschende Symptomatik angepasst werden.

Tabelle 53. Bewertung der Messparameter in der Diagnostik proktologischer Patienten im Kindesalter

Symptom/ Fragestellung	differenzialdiagnostische Befunde	relevante Parameter
Obstipation	Sphinkterhypertonie Beckenbodendyssynergie M. Hirschsprung Überlaufenkopresis	mRD Pressdruck, paradoxe Kontraktionen RAIR mRD, max. KD
Inkontinenz	Sphinkterschwäche/ Sphinkterdefekt Koordinationsstörung	max. KD, HDZ Pressen
z.A. M. Hirschsprung	Fehlende neuronale Innervation	visuelle Beurteilung des RAIR, mRD, Pressdruck
Anorektale Malformation	Beurteilung der postoperativen Sphinkter- anlage Funktionsprüfung	Asymmetrie, ACL, HDZ mRD, KD, Pressen, RAIR

Anmerkung: Basierend auf der Auswertung der Messungen proktologischer Patienten von 2011 bis 2015 im Vergleich zu einer gesunden Stichprobe

Funktionelle Obstipation geht mit hypertonen Ruhedruckwerten einher. Kinder mit obstipationsbedingter Überlaufenkopresis zeigten hingegen vermehrt hypotone Ruhedruckwerte, was in Einklang mit Ergebnissen anderer Autoren steht [41,120,121]. Daraus lässt sich schließen, dass die Überlaufenkopresis mit einer Schwäche des Schließmuskels assoziiert zu sein scheint, während ein hypertoner Sphinkter mit funktioneller Obstipation einhergeht.

Patienten mit Überlaufenkopresis wiesen im Vergleich zu Gesunden insbesondere eine verminderte Kneifdruckleistung und eine Relaxationsstörung während des Pressens auf. Diese

kam im Pressmanöver deutlicher zum Vorschein als durch Ballonstimulation. Zur Diagnostik erscheint der Pressversuch somit der Ballonstimulation überlegen. Eine Korrelation des Inhibitionsreflexes mit Obstipation oder Überlaufenkopresis besteht nicht und konnte auch in anderen Veröffentlichungen nicht bestätigt werden [148].

Inkontinenz geht mit einer Schwäche des Sphinkterapparates einher, was sich in einem verminderten maximalen Analdruck und geringerer Kneifleistung äußerte. Zudem konnte bei Inkontinenten Patienten eine gestörte Sphinkterrelaxation während des Pressens, eine kürzere Hochdruckzone und ein verminderter Anteil der Hochdruckzone am gesamten Analkanal identifiziert werden. Eine Zuordnung der Inkontinenz durch die Manometrie zu primärer Sphinkterschwäche oder obstipationsbedingter Überlaufenkopresis war in unseren Untersuchungen nicht möglich.

Das Vorliegen eines M. Hirschsprung ergab neben dem zu erwartenden fehlenden Inhibitionsreflex einen erhöhten mittleren Ruhedruck und einen erhöhten minimalen Analdruck während des Pressens. Die Testung des RAIR zur Diagnosesicherung eines M. Hirschsprung erreichte eine Sensitivität von 79 % und eine Spezifität von 72 %. Sie lag damit unter der in der Literatur, beispielsweise von Lorig, veröffentlichten Werte.

Anorektale Malformationen gehen mit einer Änderung einer Vielzahl von Parametern der Sphinkterfunktion einher. Man erhält postoperativ Informationen zur zirkulären Sphinkteranlage, dem Ruhetonus und der Willkürfunktion. Der Anteil der Patienten mit nachweisbarer Sphinkterrelaxation sank von tiefen Fehlbildungen mit 73 % auf 56 % bei intermediären Fehlbildungen und war schließlich bei hohen Fehlbildungen nicht mehr nachweisbar. Mit zunehmendem Schweregrad der Fehlbildung nahm der Ruhedruck sowohl in stationärer als auch in dynamischer Messtechnik ab. Zudem traten Stuhlprobleme in Form von Inkontinenz oder Obstipation gehäuft auf, eine signifikante Korrelation hiervon zu Ruhe- oder Kneifdruckwert bestand jedoch nicht.



## 4.5 Stand der aktuellen Leitlinien und Umsetzung an kinderchirurgischen Kliniken

Dieses Kapitel widmet sich der Frage nach den aktuellen Empfehlungen zur anorektalen Manometrie und deren Umsetzung in der Kinderchirurgie in Deutschland.

### 4.5.1 Die anorektale Manometrie in deutschen Leitlinien

#### *Obstipation und M. Hirschsprung*

Die anorektale Manometrie wird in den folgenden Leitlinien als ergänzende Maßnahme in der Diagnostik aufgeführt, um in Kombination mit anderen Untersuchungsverfahren gezielt den Nachweis oder Ausschluss eines Krankheitsbildes zu führen.

- In den Leitlinien zur Diagnostik der Obstipation wird die Manometrie sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen schwerpunktmäßig zur Identifikation von Patienten mit M. Hirschsprung eingesetzt
- Die S1-Leitlinien zu Obstipation im Kindesalter der Gesellschaft für Pädiatrische Gastroenterologie führen die Manometrie zusammen mit der Biopsie, Kontrastmittel-einlauf und Rektoskopie zur speziellen apparativen Diagnostik bei Verdacht auf angeborene oder erworbene kolorektale oder neurogene Erkrankungen auf [24]
- In den Sk2-Leitlinie zur Chronischen Obstipation der Deutschen Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilität (DGNM) und der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) wird bei schwerer therapie-refraktärer Obstipation die Manometrie zum Ausschluss eines M. Hirschsprung und zum Erfassen einer Beckenbodendyssynergie eine Kombination mehrerer Untersuchungsverfahren empfohlen, die neben der anorektalen Manometrie unter anderem die Defäkographie und Kolontransitstudien beinhalten [48]
- Die S3 Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten und der Deutschen Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilitätsstörungen wird die anorektale Manometrie in der Diagnostik bei Obstipation und Morbus Hirschsprung empfohlen [48]

Die anorektale Manometrie ist als Bestandteil der Diagnostik von Stuhlentleerungsstörungen anerkannt, jedoch hat sie in der klinischen Praxis laut Umfrage einen untergeordneten Stellenwert (siehe Kapitel 4.5.2). Die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie empfehlen die anorektale Manometrie in der Diagnostik des M. Hirschsprung gemeinsam mit Röntgenkontrasteinlauf und histologischen Untersuchungen, heben jedoch die histologische Diagnostik als Goldstandard hervor [30]. Auch in einer 2005 abgehaltenen Konferenz, dem „Fourth International Symposium on Hirschsprung’s disease and related neurocristopathies“, fand die Meinung, die anorektale Manometrie sei zur Diagnose des M. Hirschsprung unnötig, breite Zustimmung [138]. In der Diagnostik der „Internal anal sphincter neurogenic achalasia“, einer Untergruppe der Intestinalen Dysgangliosien, sei die Manometrie hingegen von klinischem Interesse [138].

Die Leitlinien geben keine eindeutige Handlungsempfehlung zum diagnostischen Vorgehen bei Patienten mit Obstipationsbeschwerden. Entsprechend der klinischen Erfahrung in der Klinik St. Hedwig befürworten wir bei Verdacht auf M. Hirschsprung zunächst eine Manometrie im Sinne einer orientierenden nichtinvasiven Prädiagnostik durchzuführen. Hierdurch konnte bei 72 % der Kinder, die zum Ausschluss eines M. Hirschsprung untersucht wurden, eine Relaxation nachgewiesen und somit eine Aganglionose weitgehend ausgeschlossen werden [54]. Diesen Patienten blieb eine Operation mit Narkose und Biopsien erspart.

Zur Therapie der Obstipation wurden zunächst konservative Therapieoptionen genutzt. Erst bei fehlendem therapeutischen Erfolg und persistierender oder progredienter Symptomatik sollte neben anderen Untersuchungen, wie beispielsweise Transitzeitbestimmung oder Defäkografie, eine Biopsieentnahme erfolgen.

#### *Anorektale Fehlbildungen*

Der Einsatz der anorektalen Manometrie zur postoperativen Verlaufskontrolle bei Kindern mit anorektalen Malformationen findet sich, trotz relevanter Untersuchungsergebnisse, nicht in den Leitlinien zu anorektalen Fehlbildungen der deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie [33].

#### 4.5.2 Stellenwert der anorektalen Manometrie an kinderchirurgischen Kliniken

Anhand einer Umfrage wurden die Umsetzung und die Anwendung der beschriebenen wissenschaftlichen Erkenntnisse und Leitlinien beurteilt. Ärzte kinderchirurgischer Kliniken in Deutschland wurden hierzu telefonisch und schriftlich befragt.

Eine überraschend geringe Anzahl von lediglich 15 % der befragten Kliniken gab einen routinemäßigen Einsatz der Manometrie an. Es sind unterschiedliche Standpunkte der Kinderchirurgen bezüglich der Wertigkeit dieses Untersuchungsverfahrens deutlich geworden. Insgesamt wird jedoch der Eindruck bestätigt, dass die Manometrie in der Praxis in den letzten Jahren an Stellenwert verloren hat.

Häufigste Indikation zur Untersuchung ist der Verdacht auf einen M. Hirschsprung. Weiterhin findet die Manometrie in der Diagnostik von Stuhlentleerungsstörungen und zur Beurteilung der Sphinkterfunktion nach anorektalen Eingriffen Einsatz. Im Gegensatz zu den Leitlinien, die bei anorektalen Malformationen keine Indikation zur Manometrie sehen, wird diese dennoch in der Nachsorge und zur Verlaufskontrolle genutzt.

Die genannten Vorzüge der anorektalen Manometrie konzentrieren sich insbesondere auf die geringe Komplikationsrate und Invasivität im Vergleich zu anderen Untersuchungsverfahren. Insbesondere älteren Kindern könne eine Biopsie erspart bleiben. Trotz großer Zustimmung in der Ausschlussdiagnostik des M. Hirschsprung, ziehen mehrere Kliniken die primäre Biopsie der Manometrie vor, da sie, speziell im Säuglingsalter, weniger Zeit beanspruche, weniger störanfällig sei und sich leichter durchführen lasse.

Die Umfrage, bei der 52 % der deutschen Kinderchirurgischen Kliniken erfasst wurden, vermittelt den Eindruck dass der überwiegende Anteil der befragten Ärzte der anorektalen Manometrie kritisch gegenüber steht. Im Vordergrund standen die schlechten Rahmenbedingungen fehlender Normwerte und mangelnder Standardisierung, aber auch der hohe Zeitaufwand verbunden mit der unzureichenden Personalausstattung der Kliniken spielt eine wichtige Rolle. Technische Probleme bestehen darin, dass verschiedenste Messsysteme im Einsatz sind. Des Weiteren sei der Untersuchungsablauf durch die Artefaktanfälligkeit des Messsystems, die eingeschränkte Mitarbeit junger Patienten sowie die erforderliche Schulung des Personals erschwert. Mehrfach wurde die Untersuchung als Belastung, nicht kindgerecht oder sogar als „Kinderquälerei“ bezeichnet.

Ein weiterer Kritikpunkt war die geringe Aussagekraft der Manometrie und fehlende Relevanz für die weitere Therapieplanung. Dies macht sich beispielsweise an der schlechten Korrelation von Messwerten und der tatsächlichen Sphinkterfunktion bemerkbar. Andere diagnostische Verfahren werden bei besserer Aussagekraft und leichter Anwendbarkeit bevorzugt.

Die deutschlandweite Umfrage konnte aufzeigen, dass die Manometrie im Kindesalter nur noch an wenigen Zentren Einsatz findet, dort jedoch als relevantes diagnostisches Instrument eingeschätzt wird. Die technischen und methodischen Unterschiede zwischen den Kliniken führen dazu, dass der Einsatz vor allem auf individuellen, klinischen Erfahrungswerten als auf allgemeingültigen Normwerten beruht.

In Bezug auf den genannten Kritikpunkt der Belastung der Kinder wichen unsere Beobachtungen bei der Durchführung der Studie ab und kann mit guter Vorbereitung vermieden werden: Die freiwilligen Teilnehmer beschrieben die Messung nicht als unangenehm und tolerierten diese ohne Komplikationen. Es erscheint jedoch nicht ungewöhnlich, dass Patienten, die durch anorektale Operationen oder medizinische Eingriffe vorbelastet sind, auf rektale Untersuchungen mit starker Ablehnung und Gegenwehr reagieren. Es ist daher auf die Schaffung kindgerechter Voraussetzungen mit entsprechend geschultem Personal, einer strengen Indikationsstellung und eine Beschränkung auf die für die Altersgruppe und Fragestellung relevanten Parameter zu achten. Eine entspannte Atmosphäre kann geschaffen werden, indem Eltern anwesend sind und genügend Zeit zu Verfügung steht. Zur Ablenkung können bei Messung des Ruhedrucks, des Inhibitionsreflexes und des Analprofils beispielsweise Bücher oder Videos verwendet werden und die Durchführung der Manöver Pressen und Kneifen durch motivierende Zusprache unterstützt werden.

## 5. Zusammenfassung

Die anorektale Manometrie ist ein zentrales Verfahren der proktologischen Diagnostik mit geringer Invasivität. Die halbleitergestützte Methode kommt hierbei aufgrund ihrer Effizienz und kindgerechten Anwendbarkeit zunehmend häufiger zum Einsatz. Für Kinder liegen jedoch keine Normwerte vor. Das Ziel dieser Arbeit war es, Normwerte an einem Kollektiv gesunder Kinder zu erheben. Es wurde weiterhin der Frage nachgegangen, ob die Messergebnisse von Alter, Geschlecht, Messverfahren oder Messsystem beeinflusst werden und inwiefern sich die Messergebnisse proktologischer Patienten von denen Gesunder unterscheiden. Abschließend sollte der aktuelle Stellenwert der Manometrie in nationalen Leitlinien und kinderchirurgischen Kliniken analysiert werden.

### *Material und Methoden*

Für die Normwerterhebung wurden 73 proktologisch gesunde Kinder mit einem standardisierten Untersuchungsprotokoll einmalig untersucht. Es erfolgte die Einteilung in fünf Altersgruppen. Verwendet wurde ein Halbleitersystem mit einer 9-Kanal-Sonde, die einen Sensor an der Katheterspitze und acht weitere Sensoren in zirkulärer Anordnung enthielt. Entsprechend des Alters und der Mitarbeit der Kinder wurden in stationärer Messtechnik Druckwerte in Ruhe, während des Kneifens, Dauerkneifens, Pressens und Hustens aufgezeichnet sowie ein Ruhedruckprofil in kontinuierlicher Rückzugstechnik erstellt. Mit Hilfe eines zusätzlich eingeführten Ballonkatheters wurde der rektoanale Inhibitionsreflex beurteilt.

### *Ergebnisse*

Für die erhobenen Messparameter wurden Normwerte definiert, die als Mittelwerte mit einer Standardabweichung für normalverteilte, und als Median mit zugehörigem 25 % und 75 % Quartil für nicht-normalverteilte Daten, auf einem Signifikanzniveau von 95 % angegeben wurden.

Die Ergebnisse der Normwerterhebung ließen keinen Zusammenhang zwischen Alter oder Geschlecht mit den Ruhe-, Kneif-, Press- und Hustenaufzeichnungen sowie RAIR, Asymmetrie und Analkanallänge erkennen. Ausnahme bildeten eine Zunahme der paradoxen Kontraktionen mit dem Alter und eine signifikant größere absolute und prozentuale Länge der Hochdruckzone bei männlichen Probanden.

Bezüglich der Messgenauigkeit stieg die intraindividuelle Reproduzierbarkeit der Ruhedruckmessung mit dem Alter der Patienten an und es konnte eine Übereinstimmung von 96 % zwischen zwei Untersuchern zur Beurteilung des Inhibitionsreflexes gezeigt werden.

Die Gegenüberstellung der stationären und dynamischen Ruhedruckmessungen zeigte, mit Ausnahme des maximalen Anldrucks, für die Parameter des mittleren Ruhedrucks und mittleren Anldrucks eine gute Übereinstimmung.

Ein Vergleich der gesunden Stichprobe zu Patienten mit Obstipation, Überlaufenkopresis, Inkontinenz, M. Hirschsprung und anorektalen Malformationen ergab krankheitsspezifische qualitative und quantitative Unterschiede. Während funktionelle Obstipation mit hypertonen Ruhedruckwerten einherging, waren Inkontinenz und Überlaufenkopresis mit leicht verminderten Ruhedruckwerten, verminderten Kneifdruckwerten und gestörter Relaxationsfähigkeit des inneren Sphinkters im Pressversuch assoziiert. Inkontinente Patienten wiesen eine verkürzte Hochdruckzone auf. In der Diagnostik des M. Hirschsprung erreichte der Nachweis des Inhibitionsreflexes eine Sensitivität von 79 % und eine Spezifität von 72 %. Zudem zeigten sich bei diesen Patienten ein erhöhter mittlerer Ruhedruck und ein erhöhter minimaler Anldruck während des Pressens.

Bei Kindern mit anorektalen Malformationen konnten verminderte Druckwerte sowohl in Ruhe als auch während des Kneifens, eine gestörte Sphinkterrelaxation, eine verkürzte Hochdruckzone und eine erhöhte Asymmetrie nachgewiesen werden. Die Asymmetrie nahm mit dem Schweregrad der Fehlbildung zu.

Auch wenn die Leitlinien dies fordern, kommt nur in etwa einem Drittel aller befragten kinderchirurgischen Kliniken in Deutschland die Anomanometrie zur Anwendung, regelmäßig wird sie nur in einem Sechstel aller Kliniken eingesetzt. Die Indikationen zur Manometrie, die eingesetzten Geräte und Untersuchungsabläufe variieren zwischen den Zentren deutlich. Kritikpunkte wie zum Beispiel Störanfälligkeit, technische und methodische Schwierigkeiten, mangelnde Aussagekraft sowie die damit verbundene Belastung der Kinder limitieren laut befragten Ärzten die Wertigkeit der Manometrie im klinischen Alltag.

### *Diskussion*

#### *Normwerte*

Die in der vorliegenden Studie erhobenen Normwerte stellen einen Richtwert als Basis für die pädiatrische Diagnostik mit Halbleitersonden dar. Als Konsequenz der Ergebnisse der Normwerterhebung können in der Kinderheilkunde alters- und geschlechtsunabhängige Referenzwerte verwendet werden.

Die gute Interrater-Reliabilität der Manometrie, wie sie auch in der Literatur beschrieben ist [70,76], und die gute intraindividuelle Reproduzierbarkeit der Werte kennzeichnen die Manometrie als zuverlässiges Diagnostikum.

*Untersuchungsablauf, Messparameter*

Ein standortübergreifender Konsens über Untersuchungsablauf und Auswahl der Messparameter konnte bisher nicht erzielt werden. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Studienergebnisse wird das Vorgehen wie folgt definiert:

1. Zur Vorbereitung ist die digital-rektale Untersuchung sinnvoll.
2. Der Einsatz sedierender Maßnahmen ist grundsätzlich nicht erforderlich, jedoch entsprechend der Fragestellung, der Untersuchungsbedingungen und der Fähigkeit zur Mitarbeit möglich.
3. In der Auswahl der Messtechnik erscheinen die stationäre und dynamische Messung des Ruhedrucks gleichwertig. Bei geringerem Aufwand und leichter Durchführbarkeit ist die stationäre Messtechnik zu bevorzugen.
4. Messparameter mit geringer diagnostischer Wertigkeit sind: der Hustentest, die Fläche unter der Kurve, die Ermüdungsneigung und die Asymmetrie. Diese Parameter können pathologische von gesunden Zuständen nicht mit ausreichender Sicherheit unterscheiden und unterliegen einem starken Einfluss durch die Mitarbeit des Patienten.
5. Die Beurteilung des Inhibitionsreflexes sollte durch eine qualitative, situationsgerechte Einschätzung des Untersuchers statt einer quantitativen, softwaregestützten Auswertung erfolgen. Letztere ist durch eine hohe Artefaktanfälligkeit und einen fehlenden validen Schwellenwert bei Kindern nicht zur sicheren Beurteilung des RAIR geeignet.

Anhand einer Metaanalyse der in der Literatur beschriebenen Untersuchungsmethoden und der eigenen Erfahrungen, wurde ein Untersuchungsprotokoll (siehe Kapitel 4.2.4) ausgearbeitet, das an das Alter der Kinder angepasste Tests und symptombezogene, klinisch relevante Parameter umfasst.

*Literaturkonforme Studienergebnisse*

Ein Abgleich mit Normwerten publizierter Studien verdeutlicht, bei insgesamt deutlich divergenten Messergebnissen, den starken Einfluss des Messsystems, der Untersuchungstechnik und Auswertungsmethode. Folglich sind pädiatrische Normwerte anderer Zentren oder Erwachsenennormwerte nicht übertragbar.

In der Diagnostik von Stuhlentleerungsstörungen lassen sich durch die Manometrie pathophysiologische Ursachen wie Beckenbodendyssynergie, Sphinkterschwäche oder Aganglionose differenzieren. Zudem kann bei chronischer Obstipation durch Testung des Inhibitionsreflexes der Verdacht auf M. Hirschsprung und die Indikation zur Biopsie relativiert werden. Bei Inkontinenzsymptomatik und manometrischem Nachweis einer muskulären Schwäche

des äußeren Sphinkters oder einer Beckenbodendyssynergie ist die differenzierte Indikationsstellung zum Biofeedbacktraining und dessen Verlaufskontrollen möglich. In der postoperativen Nachsorge bei Patienten mit anorektalen Fehlbildungen können Ruhe-, Kneifdruck sowie Asymmetrie zur Beurteilung der neoanalen Sphinkterfunktion herangezogen werden.

#### *Widersprüchliche und neue Erkenntnisse der Studie*

Die Reproduzierbarkeit der zentralen Messwerte für Ruhe- und Kneifdruck ist Voraussetzung für eine valide Messung. Hier bestehen uneinheitliche Aussagen in der Literatur. Unsere Ergebnisse der Ruhe- und Kneifdruckmessung ab einem Alter von drei Jahren sprechen für eine gute Reliabilität. Weiterhin konnte eine Längenzunahme des Analkanals und damit ein Wachstum des Sphinkters mit dem Lebensalter bei Kindern, entgegen veröffentlichter Daten, nicht bestätigt werden.

Es besteht eine Diskrepanz zwischen den Leitlinien zur Diagnostik von Stuhlentleerungsstörungen und deren Umsetzung. Der zurückhaltende Einsatz der Manometrie in der Pädiatrie hat neben den fehlenden Normwerten und Standardisierung auch methodische und vermutlich auch ökonomische Ursachen. Diese umfassen die notwendige Patientenkooperation, die Artefaktanfälligkeit sowie den hohen Zeit- und Personalaufwand.

#### *Methodische Schwierigkeiten der herkömmlichen Messverfahren und neue Entwicklungen*

Aus den Beobachtungen ergeben sich mehrere methodische Schwierigkeiten. Die Durchführbarkeit der Messung ist je nach Alter eingeschränkt. Während der Kneifdruck insbesondere bei Kleinkindern von der Kooperation und dem Entwicklungsstand abhängt, wird der Pressversuch bei älteren Kindern durch Schamgefühl und Angst verfälscht. Es müssen daher optimale Untersuchungsbedingungen geschaffen werden, die jedoch geschultes Personal und Zeit in Anspruch nehmen.

Es gibt viele Ansätze die Messungen anhand verschiedener Parameter zu objektivieren. Bezüglich des RAIR und Dauerkneifens konnte sich jedoch bisher keiner der Auswertungsalgorithmen mit einer guten Korrelation zu Beschwerden oder prognostischer Relevanz durchsetzen.

Die herkömmlichen Katheter können je nach Konfiguration und verwendeter Messtechnik nur einen Teil der Sphinkterfunktion erfassen, sodass zirkuläre oder longitudinale Informationen verloren gehen. Die unterschiedlichen Ruhedruckwerte der dynamischen und stationären Messtechnik unterstützen diese Beobachtung. Es gibt zudem Hinweise darauf, dass ebenfalls eine asymmetrische Verteilung der Druckverhältnisse während des Inhibitionsreflexes vorliegt und folglich mit der herkömmlichen Technik nicht das Gesamtbild erfasst werden kann. Diesbezüglich stellen 3D hochauflösende Sonden eine vielversprechende Weiterentwicklung dar.



*Fragestellungen, die sich aus dieser Arbeit ergeben*

Es konnte in der vorliegenden Studie bei inkontinenten Patienten eine kürzere Hochdruckzone und insbesondere ein verminderter Anteil der Hochdruckzone am gesamten Analkanal identifiziert werden. Weiterführende Studien mit größerer Fallzahl, zur Überprüfung des Zusammenhangs der Länge der Hochdruckzone und dem Grad der Inkontinenz, wären hierzu sinnvoll.

Die in der vorliegenden Studie in Durchzugstechnik verwendeten Halbleiterkatheter besitzen nur eine geringe Aussagekraft bezüglich der Sphinktersymmetrie. Messungen sowohl in radiärer als auch longitudinaler Richtung mit 3D-HRM Sonden müssten hinsichtlich der Aussagekraft bei der Diagnostik von Stuhlentleerungsstörungen beurteilt werden. Es stellt sich zudem die Frage, ob die modernen Katheter durch eine höhere Auflösung und die Möglichkeit der dynamischen Messung zusätzliche, klinisch relevante Informationen bieten können.

Aufgrund der geringen Akzeptanz der Manometrie wäre eine Evaluation der Nutzung neuer Entwicklungen wie der 3D-HRM interessant. Hier wäre zu überprüfen, ob die Bereitschaft leitliniengerecht zu handeln erhöht werden kann, oder die Ablehnung vermehrt ein Problem der Ökonomie und Effizienz im modernen Klinikalltag darstellt.

*Ausblick*

Die in den letzten Jahren entwickelten hochauflösenden Sonden (HRAM und 3D-HDAM) bieten gegenüber der konventionellen Manometrie durch die hohe Anzahl an Messpunkten eine höhere Messgenauigkeit. Besonders die 3D-HRM-Katheter mit bis zu 265 druckaufnehmenden Elementen bestechen durch eine deutlich höhere Auflösung [14,149] und eine detailliertere [150] topographische Druckaufzeichnung in Relation zu Zeit und Ort [105]. Erstmals sei hierdurch eine Zuordnung der Druckwerte zu den einzelnen Muskelkomponenten möglich [93]. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten in der Diagnostik und dem Verständnis pathophysiologischer Mechanismen der Stuhlentleerungsstörungen [150]. Ein weiterer Vorteil ist, dass keine Rückzugstechnik benötigt wird, wodurch Bewegungsartefakte verringert werden. Während Katheter mit vier bis acht Sensoren durch Pressen oder Kneifen dislozieren können, zeichnen HRM-Sonden kontinuierliche Druckwerte des gesamten Analkanals auf. Dies ermöglicht erstmals, dynamische Messungen während des Kneifens, Pressens oder Hustens aufzuzeichnen [105].

Ein dreidimensionales Modell des Analkanals mit dynamischer Darstellung der Druckaufzeichnung (vgl. Abbildung 44) stellt sowohl funktionelle als auch anatomische Informationen für den Untersucher anschaulich dar [101,106], wodurch eine visuelle Dateninterpretation und einfachere Beurteilung von Defekten ermöglicht wird [106].

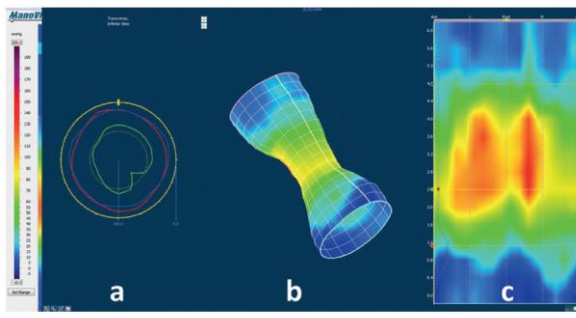


Fig. 3: Anorectal resting pressure morphology

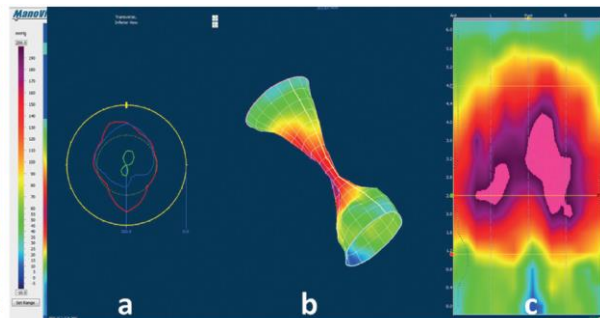


Fig. 4: Anorectal pressure morphology during the squeeze manoeuvre

Abbildung 44. 3D-HDAM Darstellung des Analkanals in Ruhe (links) und während des Kneifens (rechts) [150]

Trotz vielversprechender Ansätze kommt die HRM bisher kaum zum Einsatz. Ursächlich ist zum einen, dass der klinische Nutzen der hochauflösenden (HRAM und 3D-HDAM) gegenüber konventionellen Sonden bisher noch nicht ausreichend untersucht [124] wurde. Zum anderen weisen sie, mit über einem Zentimeter, einen dreimal so großen Durchmesser wie herkömmliche Microtip-Katheter auf, was zu Irritationen des Sphinkters und damit Messartefakten führt und die Anwendbarkeit bei Kindern derzeit ausschließt. Erst mit der Entwicklung deutlich kleinerer Katheter wird sich dieses Verfahren auch bei Kindern hinsichtlich ihres Nutzens überprüfen lassen. Verbunden damit ist die Frage, ob der technische Fortschritt der Manometrie wieder einen höheren klinischen Stellenwert ermöglichen kann und die zunehmend breitere Kluft zum leitliniengerechten Vorgehen in der kinderproktologischen Diagnostik wird umkehren können.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Beckmann B. Aufbau der Methode der anorektalen Manometrie: Untersuchungen an freiwilligen, gesunden Probanden; Ermittlung von Normwerten und ihrer Reproduzierbarkeit: Universität Rostock; 1999.
2. Gundling F, Seidl H, Scalercio N et al. Influence of gender and age on anorectal function: normal values from anorectal manometry in a large caucasian population. *Digestion*. 2010;81(4):207–13.
3. Schizas, A M P, Emmanuel AV, Williams AB. Vector volume manometry--methods and normal values. *Neurogastroenterol. Motil.* 2011;23(9):886.
4. Schimscha G. 8-Kanal-Manometrie des anorektalen Kontinenzorgans - Normwerte im Säuglings- und Kindesalter [Dissertation]. München: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2004.
5. Kumar S, Ramadan S, Gupta V et al. Manometric tests of anorectal function in 90 healthy children: a clinical study from Kuwait. *J. Pediatr. Surg.* 2009;44(9):1786–90.
6. Benninga MA, Wijers OB, van der Hoeven, C W et al. Manometry, profilometry, and endosonography: normal physiology and anatomy of the anal canal in healthy children. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 1994;18(1):68–77.
7. Schuld J, Kollmar O, Schlüter C et al. Normative values in anorectal manometry using microtip technology: a cohort study in 172 subjects. *Int J Colorectal Dis.* 2012;27(9):1199–205.
8. Rao SS, Hatfield R, Soffer E et al. Manometric tests of anorectal function in healthy adults. *Am. J. Gastroenterol.* 1999;94(3):773–83.
9. Noelting J, Ratuapli SK, Bharucha AE et al. Normal Values for High-Resolution Anorectal Manometry in Healthy Women: Effects of Age and Significance of Rectoanal Gradient. *Am J Gastroenterol.* 2012;107(10):1530–6.
10. Li Y, Yang X, Xu C et al. Normal values and pressure morphology for three-dimensional high-resolution anorectal manometry of asymptomatic adults: a study in 110 subjects. *Int J Colorectal Dis.* 2013;28(8):1161–8.
11. Lee HJ, Jung KW, Han S et al. Normal values for high-resolution anorectal manometry/topography in a healthy Korean population and the effects of gender and body mass index. *Neurogastroenterol. Motil.* 2014.
12. Rao, S. S. C., Azpiroz F, Diamant N et al. Minimum standards of anorectal manometry. *Neurogastroenterology & Motility*. 2002;14(5):553–9.
13. Pehl C, Enck P, Franke A et al. Empfehlungen zur Anorektalen Manometrie im Erwachsenenalter. *Z Gastroenterol.* 2007;45(5):397–417.
14. Hong J. Clinical applications of gastrointestinal manometry in children. *Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr.* 2014;17(1):23–30.
15. Di Lorenzo C, Hillemeier C, Hyman P et al. Manometry studies in children: minimum standards for procedures. *Neurogastroenterol Motil.* 2002;14(4):411–20.
16. Holschneider AM. Anorektale Malformationen. In: Schweinitz D, Ure B. *Kinderchirurgie: Viszerale und allgemeine Chirurgie des Kindesalters*. Heidelberg: Springer; 2009. p. 369–99.
17. Holschneider AM, Hutson JM. *Anorectal malformations in children: Embryology, diagnosis, surgical treatment, follow-up*. Berlin: Springer; 2006.

18. Bertram AM. Angewandte Physiologie. 6th ed. Stuttgart, New York: Thieme; 2008.
19. Rao, Satish S C, Singh S. Clinical utility of colonic and anorectal manometry in chronic constipation. *J Clin Gastroenterol*. 2010;44(9):597–609.
20. Rasmussen OØ. Fecal incontinence. Studies on physiology, pathophysiology and surgical treatment. *Dan Med Bull*. 2003;50(3):262–82.
21. Jenni OG, Largo RH. Wachstum und Entwicklung. In: Lentze MJ, Hoffmann, Georg Friedrich -, editors. *Pädiatrie: Grundlagen und Praxis ; mit 447 Tabellen*. 4th ed. Berlin, Heidelberg: Springer; 2014. p. 8–91.
22. Issenman RM, Filmer RB, Gorski PA. A review of bowel and bladder control development in children: How gastrointestinal and urologic conditions relate to problems in toilet training. *Pediatrics*. 1999;103(6 Pt 2):1346–52. PubMed PMID: 10353952.
23. Fuchs KH. Gastrointestinale Funktionsstörungen: Diagnose, Operationsindikation, Therapie. Berlin, New York: Springer; 1997.
24. Koletzko S, Grosse KP. Obstipation im Kindesalter: Leitlinie der Gesellschaft für Pädiatrische Gastroenterologie und Ernährung. AWMF online 2014.
25. Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie. Leitlinien zu Diagnostik und Therapie von psychischen Störungen im Säuglings-, Kindes- und Jugendalter. Köln: Dt. Ärzte-Verl.; 2007.
26. Mayatepek E. Repetitorium Pädiatrie: Mit 125 Tabellen. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2008.
27. Geile D., Osterholzer G., Rosenberg R. Diagnostik und konservative Therapie der Stuhlinkontinenz. 2004. Available from: <http://www.dr-geile.de/wmw.PDF>
28. Thekkinkattil DK, Lim M, Stojkovic SG et al. A classification system for faecal incontinence based on anorectal investigations. *Br J Surg*. 2008;95(2):222–8.
29. Bachmann H. Harn- und Stuhlinkontinenz bei Kindern und Jugendlichen. Bremen, London, Boston: UNI-MED-Verl.; 2010.
30. Fitze G. Aganglionose (Morbus Hirschsprung): S1-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie. AWMF online 2013.
31. Carrington EV, Brokjaer A, Craven H et al. Traditional measures of normal anal sphincter function using high-resolution anorectal manometry (HRAM) in 115 healthy volunteers. *Neurogastroenterol. Motil*. 2014;26(5):625–35.
32. Levitt MA, Peña A. Anorectal malformations. *Orphanet J Rare Dis*. 2007;233.
33. Grasshoff S. Anorektale Fehlbildungen: Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie. AWMF online 2013.
34. Deeg K-H, Hofmann V, Hoyer PF. Ultraschalldiagnostik in Pädiatrie und Kinderchirurgie: Lehrbuch und Atlas. 4th ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2014.
35. Holschneider AM. Elektromanometrie des Enddarmes: Diagnostik der Inkontinenz und chronischen Obstipation. München, Baltimore: Urban & Schwarzenberg; 1977.
36. Denny-Brown D, Robertson EG. An investigation of the nervous control of defecation: a classic paper revisited. 1935. *Colorectal Dis*. 2004;6(5):376–83.
37. Howard ER, Nixon HH. Internal anal sphincter. Observations on development and mechanism of inhibitory responses in premature infants and children with Hirschsprung's disease. *Arch Dis Child*. 1968;43:569–78.

38. Lawson JO, Nixon HH. Anal canal pressures in the diagnosis of Hirschsprung's disease. *J. Pediatr. Surg.* 1967;2:544–52.
39. Schuster MM, Hendrix TR, Mendeloff AI. The internal anal sphincter response: manometric studies on its normal physiology, neural pathways, and alteration in bowel disorders. *J. Clin. Invest.* 1963;42:196–207.
40. Holschneider AM. Elektromyographische Untersuchungen der Musculi sphincter ani externus und internus im Bezug auf die anorectale Manometrie. *Langenbecks Arch Surg.* 1974;303–16.
41. Molnar D, Taitz LS, Urwin OM et al. Anorectal manometry results in defecation disorders. *Arch. Dis. Child.* 1983;(58):257–61.
42. Smout AJ. Manometry of the gastrointestinal tract: toy or tool? *Scand J Gastroenterol Suppl.* 2001;(234):22–8.
43. Aaronson I, Nixon HH. A clinical evaluation of anorectal pressure studies in the diagnosis of Hirschsprung's disease. *Gut.* 1972;13(2):138–46.
44. Loening-Baucke V, Pringle KC, Ekwo EE. Anorectal manometry for the exclusion of Hirschsprung's disease in neonates. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1985;4:596–603.
45. Rao SSC, Paulson J, Mata M et al. Clinical trial: effects of botulinum toxin on Levator ani syndrome--a double-blind, placebo-controlled study. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics.* 2009;29(9):985–91.
46. Arroyo A, Perez F, Serrano P et al. Long-term results of botulinum toxin for the treatment of chronic anal fissure: prospective clinical and manometric study. *Int J Colorectal Dis.* 2005;20(3):267–71.
47. Ambartsumyan L, Rodriguez L, Morera C et al. Longitudinal and Radial Characteristics of Intra-Anal Pressures in Children Using 3D High-Definition Anorectal Manometry: New Observations. *Am J Gastroenterol.* 2013;108(12):1918–28.
48. Deutsche Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS); Deutsche Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilität (DGNM). S3-Leitlinie: Definition, Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie intestinaler Motilitätsstörungen. Stuttgart. 2011. AWMF online 2014.
49. Karaus M., Allescher HD. Manometrie von Ösophagus und Anorektum: Leitlinien des Arbeitskreises Gastrointestinale Motilität und Funktion e.V. zu Indikation und Durchführung von funktionsdiagnostischen Untersuchungen in der Gastroenterologie: Med. Klinik m.S. Hepatologie und Gastroenterologie, Universitätsklinikum Charité, Campus Virchow-Klinikum, Humboldt-Universität, Berlin und II. Med. Klinik, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität, München. 1999. Available from: [http://www.neurogastro.de/tl\\_files/pdf/Manometrie\\_Oesophagus\\_Anorektum.pdf](http://www.neurogastro.de/tl_files/pdf/Manometrie_Oesophagus_Anorektum.pdf)
50. Raza N, Bielefeldt K. Discriminative value of anorectal manometry in clinical practice. *Dig Dis Sci.* 2009;54(11):2503–11.
51. Rao SS, Patel RS. How useful are manometric tests of anorectal function in the management of defecation disorders? *Am J Gastroenterol.* 1997;92(3):469–75.
52. Bharucha AE, Rao, Satish S C. An update on anorectal disorders for gastroenterologists. *Gastroenterology.* 2014;146(1):37.
53. Felt-Bersma RJ, Gort G, Meuwissen SG. Normal values in anal manometry and rectal sensation: a problem of range. *Hepatogastroenterology.* 1991;38(5):444–9.
54. Pongratz S. Anorektale Manometrie bei Kindern auf dem Stand des Jahres 2015: Evaluation von Reliabilität, Indikation, Stärken und Schwächen der Methode unter besonderer

Berücksichtigung unseres Patientenkollektivs: Unveröffentlichte Dissertation, Universität Regensburg, Deutschland.

55. Rao, Satish SC, Meduri K. What is necessary to diagnose constipation? *Best Pract Res Clin Gastroenterol.* 2011;25(1):127–40.
56. Azpiroz F, Enck P, Whitehead WE. Anorectal functional testing: review of collective experience. *The American Journal of Gastroenterology.* 2002;97(2):232–40.
57. Conklin JL, Pimentel M, Soffer E. *Color atlas of high resolution manometry.* New York, London: Springer; 2008.
58. Schwandner O. *Proktologische Diagnostik.* Berlin: Springer; 2016.
59. Die Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie e.V. Available from: <http://www.dgkch.de/index.php>
60. Tang Y-F, Chen J-G, An H-J et al. High-resolution anorectal manometry in newborns: normative values and diagnostic utility in Hirschsprung disease. *Neurogastroenterol. Motil.* 2014;26(11):1565–72.
61. Felt-Bersma RJ, Klinkenberg-Knol EC, Meuwissen SG. Anorectal function investigations in incontinent and continent patients. Differences and discriminatory value. *Dis Colon Rectum.* 1990;33(6):479.
62. Enck P, Kuhlbusch R, Lübke H et al. Age and sex and anorectal manometry in incontinence. *Diseases of the Colon & Rectum.* 1989;(32):1026–30.
63. Bannister JJ, Abouzekry L, Read NW. Effect of aging on anorectal function. *Gut.* 1987;28(3):353–7.
64. Loening-Baucke V, Anuras S. Effects of age and sex on anorectal manometry. *Am J Gastroenterol.* 1985;80(1):50–3.
65. Rasmussen OO, Sorensen M, Tetzschner T et al. Dynamic anal manometry: physiological variations and pathophysiological findings in fecal incontinence. *Gastroenterology.* 1992;103(1):103–13.
66. Lentze MJ, Lentze-Schaub-Schulte-Spranger. *Pädiatrie: Grundlagen und Praxis: mit 482 Tabellen.* Berlin: Springer; 2001.
67. Cali RL, Blatchford GJ, Perry RE et al. Normal variation in anorectal manometry. *Dis Colon Rectum.* 1992;35(12):1161–4.
68. McHugh SM, Diamant NE. Anal canal pressure profile: a reappraisal as determined by rapid pullthrough technique. *Gut.* 1987;28(10):1234–41.
69. Pedersen IK, Christiansen J. A study of the physiological variation in anal manometry. *Br J Surg.* 1989;76(1):69–70.
70. Eckardt VF, Elmer T. Reliability of anal pressure measurements. *Dis Colon Rectum.* 1991;34(1):72–7.
71. Samarasekera DN, Wright Y, Lowndes RH et al. Comparison of vector symmetry index and endoanal ultrasonography in the diagnosis of anal sphincter disruption. *Tech Coloproctol.* 2008;12(3):211–5.
72. Freys SM, Fuchs KH, Fein M et al. Inter- and intraindividual reproducibility of anorectal manometry. *Langenbecks Arch Surg.* 1998;383(5):325–9.
73. Bharucha AE, Seide B, Fox JC et al. Day-to-day reproducibility of anorectal sensorimotor assessments in healthy subjects. *Neurogastroenterol Motil.* 2004;16(2):241–50.

74. Otto SD, Clewing JM, Grone J et al. Repeatability of anorectal manometry in healthy volunteers and patients. *J Surg Res.* 2013;185(2):92.
75. Enck P, Eggers E, Koletzko S et al. Spontaneous variation of anal "resting" pressure in healthy humans. Department of Gastroenterology, Heinrich Heine Universität Düsseldorf. 1991.
76. Vitton V, Ben Hadj Amor W, Baumstarck K et al. Comparison of three-dimensional high-resolution manometry and endoanal ultrasound in the diagnosis of anal sphincter defects. *Colorectal Dis.* 2013;15(10):11.
77. Bove A, Pucciani F, Bellini M et al. Consensus statement AIGO/SICCR: diagnosis and treatment of chronic constipation and obstructed defecation (part I: diagnosis). *World J. Gastroenterol.* 2012;18(14):1555–64.
78. Keshtgar AS, Choudhry MS, Kufeji D e al. Anorectal manometry with and without ketamine for evaluation of defecation disorders in children. *Journal of Pediatric Surgery.* 2015;50(3):438–43.
79. Liu T-T, Yi C-H, Chen C-L et al. Influence of intravenous propofol sedation on anorectal manometry in healthy adults. *Am. J. Med. Sci.* 2009;337(6):429–31.
80. Tran K, Kuo B, Zibaitis A et al. Effect of Propofol on Anal Sphincter Pressure During Anorectal Manometry. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition.* 2014.
81. Paskins JR, Lawson JO, Clayden GS. The effect of ketamine anesthesia on anorectal manometry. *J. Pediatr. Surg.* 1984;19(3):289–91.
82. Raghunath N, Glassman MS, Halata MS et al. Anorectal Motility Abnormalities in Children with Encopresis and Chronic Constipation. *The Journal of Pediatrics.* 2011;158(2):293–6.
83. Prott G, Hansen R, Badcock C et al. What is the optimum methodology for the clinical measurement of resting anal sphincter pressure? *Neurogastroenterol Motil.* 2005;17(4):595–9.
84. Rao SS. Manometric evaluation of defecation disorders: Part II. Fecal incontinence. *Gastroenterologist.* 1997;5(2):99–111.
85. McHugh SM, Diamant NE. Effect of age, gender, and parity on anal canal pressures. Contribution of impaired anal sphincter function to fecal incontinence. *Dig. Dis. Sci.* 1987;32(7):726–36.
86. Wehrmann T, Dietrich CF, Schmitt T. Anorektale Funktionsuntersuchung. In: Stein J. Funktionsdiagnostik in der Gastroenterologie, Medizinische Standards ; mit 54 Tabellen. Heidelberg: Springer; 2006.
87. Rintala RJ, Lindahl HG. Posterior sagittal anorectoplasty is superior to sacroperineal-sacroabdominoperineal pull-through: A long-term follow-up study in boys with high anorectal anomalies. *Journal of Pediatric Surgery.* 1999;34(2):334–7.
88. Telford KJ, Ali ASM, Lymer K et al. Fatigability of the external anal sphincter in anal incontinence. *Dis. Colon Rectum.* 2004;47(5):746.
89. Marcello PW, Barrett RC, Collier JA et al. Fatigue rate index as a new measurement of external sphincter function. *Dis. Colon Rectum.* 1998;41(3):336–43.
90. Ashraf W, Pfeiffer RF, Quigley EM. Anorectal manometry in the assessment of anorectal function in Parkinson's disease: a comparison with chronic idiopathic constipation. *Mov Disord.* 1994;9(6):655–63.
91. Papathanasopoulos A, van Oudenhove L, Katsanos K et al. Severity of fecal urgency and incontinence in inflammatory bowel disease: clinical, manometric and sonographic predictors. *Inflamm. Bowel Dis.* 2013;19(11):2450–6.

92. Bilali S, Pfeifer J. Anorectal manometry: are fatigue rate and fatigue rate index of any clinical importance? *Tech Coloproctol.* 2005;9(3):225–8.
93. Raizada V, Mittal RK. Pelvic floor anatomy and applied physiology. *Gastroenterol Clin North Am.* 2008;37(3):493.
94. Belkind-Gerson J, Surjanhata B, Kuo B et al. Bear-Down Maneuver Is a Useful Adjunct in the Evaluation of Children With Chronic Constipation. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition.* 2013;57(6):775–9.
95. Kim J-H. How to interpret conventional anorectal manometry. *J Neurogastroenterol Motil.* 2010;16(4):437–9.
96. Murad-Regadas SM, Regadas, Francisco Sérgio P et al. Is dynamic two-dimensional anal ultrasonography useful in the assessment of anismus? A comparison with manometry. *Arq. Gastroenterol.* 2010;47(4):368–72.
97. Feinberg L, Mahajan L, Steffen R. The constipated child: is there a correlation between symptoms and manometric findings? *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2008;47(5):607–11.
98. Sangwan YP, Solla JA. Internal anal sphincter: advances and insights. *Dis. Colon Rectum.* 1998;41(10):1297–311.
99. Siddiqui A, Rosen R, Nurko S. Anorectal manometry may identify children with spinal cord lesions. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2011;53(5):507–11.
100. Xu X, Pasricha PJ, Sallam HS et al. Clinical significance of quantitative assessment of rectoanal inhibitory reflex (RAIR) in patients with constipation. *J. Clin. Gastroenterol.* 2008;42(6):692–8.
101. Monteiro FJR, Regadas FSP, Murad-Regadas SM et al. Comparative evaluation of the effect of sustained inflation and rapid inflation/deflation of the intrarectal balloon upon rectoanal inhibitory reflex parameters in asymptomatic subjects. *Tech Coloproctol.* 2007;11(4):323–6.
102. Cheeney G, Nguyen M, Valestin J et al. Topographic and manometric characterization of the recto-anal inhibitory reflex. *Neurogastroenterology & Motility.* 2012;24(3):e147-e154.
103. Rao SSC. Gastrointestinal motility: Tests and problem-oriented approach ; [Including proceedings of the Sixth and Seventh Symposia on Gastrointestinal Motility 1998 and 1999]. New York: 1999. IX, 310 S.: Ill., graph. Darst.
104. Meagher AP, Lubowski DZ, King DW. The cough response of the anal sphincter. *Int J Colorectal Dis.* 1993;8(4):217–9.
105. Kang HR, Lee J-E, Lee JS et al. Comparison of High-resolution Anorectal Manometry With Water-perfused Anorectal Manometry. *J Neurogastroenterol Motil.* 2015;21(1):126–32.
106. Cho H-M. Anorectal physiology: test and clinical application. *J Korean Soc Coloproctol.* 2010;26(5):311–5.
107. Zbar AP, Kmiot WA, Aslam M et al. Use of vector volume manometry and endoanal magnetic resonance imaging in the adult female for assessment of anal sphincter dysfunction. *Dis Colon Rectum.* 1999;42(11):1411–8.
108. Zhang SC, Wang WL, Bai YZ et al. Evaluation of anorectal function after transanal one-stage endorectal pull through operation in children with Hirschsprung's disease. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi.* 2007;9(3):188–92.
109. Schizas, Alexis M P, Emmanuel AV, Williams AB. Anal canal vector volume manometry. *Dis Colon Rectum.* 2011;54(6):759–68.



110. Braun JC, Treutner KH, Dreuw B et al. Vectormanometry for differential diagnosis of fecal incontinence. *Dis Colon Rectum*. 1994;37(10):989–96.
111. Williams N, Barlow J, Hobson A et al. Manometric asymmetry in the anal canal in controls and patients with fecal incontinence. *Dis. Colon Rectum*. 1995;38(12):1275–80.
112. Zbar AP, Beer-Gabel M, Chiappa AC et al. Fecal incontinence after minor anorectal surgery. *Dis. Colon Rectum*. 2001;44(11):1610.
113. Heinrich H, Fruehauf H, Sauter M et al. The effect of standard compared to enhanced instruction and verbal feedback on anorectal manometry measurements. *Neurogastroenterol. Motil*. 2013;25(3):230. eng.
114. Jeong-Meen Seo MD, Yun-Mee Choi, Eun-Hee Lee et al. Anorectal Manometry in Normal Neonates. *J Korean Assoc Pediatr Surg*. 1999;5(2):103–10.
115. López-Alonso M, Ribas J. Technical improvement for anorectal manometry in newborns. *J. Pediatr. Surg*. 1991;26(10):1215–8.
116. Nurko S, Garcia-Aranda JA, Guerrero VY et al. Treatment of intractable constipation in children: experience with cisapride. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr*. 1996;22(1):38–44.
117. Rintala R, Lindahl H, Marttinen E et al. Constipation is a major functional complication after internal sphincter-saving posterior sagittal anorectoplasty for high and intermediate anorectal malformations. *J Pediatr Surg*. 1993;28(8):1054–8.
118. Simpson RR, Kennedy ML, Nguyen MH et al. Anal Manometry: A Comparison of Techniques. *Diseases of the Colon & Rectum*. 2006;49(7):1033–8.
119. Florisson JMG, Coolen JCG, Bissett IP et al. A novel model used to compare water-perfused and solid-state anorectal manometry. *Tech Coloproctol*. 2006;10(1):17–20.
120. Meunier P, Marechal JM, de Beaujeu et al. Rectoanal pressures and rectal sensitivity studies in chronic childhood constipation. *Gastroenterology*. 1979;77(2):330–6.
121. Loening-Baucke VA. Abnormal rectoanal function in children recovered from chronic constipation and encopresis. *Gastroenterology*. 1984;87(6):1299–304.
122. Loening-Baucke VA, Cruikshank BM. Abnormal defecation dynamics in chronically constipated children with encopresis. *J Pediatr*. 1986;108(4):562–6.
123. Duthie GS, Bartolo DC. Anismus: the cause of constipation? Results of investigation and treatment. *World J Surg*. 1992;16(5):831–5.
124. Dinning PG, Carrington EV, Scott SM. The use of colonic and anorectal high-resolution manometry and its place in clinical work and in research. *Neurogastroenterol. Motil*. 2015.
125. Chiarioni G, Bassotti G. Biofeedback therapy for constipation due to dyssynergic defecation: ready for prime time. *Tech Coloproctol*. 2015.
126. Netinho JG, Ayrizono, Coy et al. Amplitude and recovery velocity of relaxation induced by rectoanal inhibitory reflex and its importance for obstructive evacuation. *Arq. Gastroenterol*. 2005;42(1):19–23.
127. Patcharatrakul T, Gonlachanvit S. Outcome of biofeedback therapy in dyssynergic defecation patients with and without irritable bowel syndrome. *J Clin Gastroenterol*. 2011;45(7):593–8.
128. Bharucha AE. Difficult defecation: difficult problem assessment and management; what really helps? *Gastroenterol. Clin. North Am*. 2011;40(4):837–44.
129. Loening-Baucke V. Biofeedback treatment for chronic constipation and encopresis in childhood: long-term outcome. *Pediatrics*. 1995;96(1 Pt 1):105–10.

130. Bigélli, Rosa HM, Fernandes MI et al. Anorectal manometry in children with chronic functional constipation. *Arq. Gastroenterol.* 2005;42(3)..
131. Wald A. Con: Anorectal manometry and imaging are not necessary in patients with fecal incontinence. *The American Journal of Gastroenterology.* 2006;101(12):2681–3.
132. Schuster T, Lagler F, Pfluger T et al. A computerized vector manometry and MRI study in children following posterior sagittal anorectoplasty. *Pediatr Surg Int.* 2001;17(1):48–53.
133. Wald A. Colonic and anorectal motility testing in clinical practice. *Am J Gastroenterol.* 1994;89(12):2109–15.
134. Stein J. Funktionsdiagnostik in der Gastroenterologie: Medizinische Standards ; mit 54 Tabellen. 2nd ed. Heidelberg: Springer; 2006.
135. Bharucha AE, Fletcher JG, Harper CM et al. Relationship between symptoms and disordered continence mechanisms in women with idiopathic faecal incontinence. *Gut.* 2005;54(4):546–55.
136. Labermeyer S. Die Wertigkeit der anorektalen Manometrie in der Diagnostik der Stuhlinkontinenz bei Erwachsenen. [Dissertation]. München; 2013.
137. Glia A, Gyllin M, Gullberg K et al. Biofeedback retraining in patients with functional constipation and paradoxical puborectalis contraction: comparison of anal manometry and sphincter electromyography for feedback. *Dis Colon Rectum.* 1997;40(8):889–95.
138. Martucciello G, Pini Prato A, Holschneider AM et al. Controversies concerning diagnostic guidelines for anomalies of the enteric nervous system: a report from the fourth International Symposium on Hirschsprung's disease and related neurocristopathies. *Journal of Pediatric Surgery.* 2005;40(10):1527–31.
139. Lorig Fd, Reitsma JB, Voskuil WP et al. Diagnosis of Hirschsprung's disease: a prospective, comparative accuracy study of common tests. *J Pediatr.* 2005;146(6):787–92.
140. Low Q, Prabhakaran J, Chiang A. Accuracy of Anorectal Manometry in the Diagnosis of Hirschsprung's Disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition.* 1989;342–6.
141. Keshtgar AS, Athanasakos E, Clayden GS et al. Evaluation of outcome of anorectal anomaly in childhood: the role of anorectal manometry and endosonography. *Pediatr Surg Int.* 2008;24(8):885–92.
142. Kumar S, Al Ramadan S, Gupta V et al. Use of anorectal manometry for evaluation of postoperative results of patients with anorectal malformation: a study from Kuwait. *J. Pediatr. Surg.* 2010;45(9):1843–8.
143. Rintala RJ, Lindahl H. Is normal bowel function possible after repair of intermediate and high anorectal malformations? *Journal of Pediatric Surgery.* 1995;30(3):491–4.
144. Caldaro T, Romeo E, Angelis P de et al. Three-dimensional endoanal ultrasound and anorectal manometry in children with anorectal malformations: new discoveries. *J. Pediatr. Surg.* 2012;47(5):956–63.
145. Burjonrappa S, Youssef S, Lapierre S et al. Megarectum after surgery for anorectal malformations. *Journal of Pediatric Surgery.* 2010;45(4):762–8.
146. Leung, MWY, Wong BPY, Leung AKP et al. Electrical stimulation and biofeedback exercise of pelvic floor muscle for children with faecal incontinence after surgery for anorectal malformation. *Pediatr Surg Int.* 2006;22(12):975–8.

- 
147. Herfarth C, Hartel W. Vielfalt und Einheit der Chirurgie Humanität und Wissenschaft: Die verbesserte Kontinenzleistung nach Pena-Operationen bei anorektalen Mißbildungen. Springer: Berlin Heidelberg; 1998.
  148. Kaur G, Gardiner A, Duthie GS. Rectoanal reflex parameters in incontinence and constipation. *Dis Colon Rectum*. 2002;45(7):928–33.
  149. Jones MP, Post J, Crowell MD. High-resolution manometry in the evaluation of anorectal disorders: a simultaneous comparison with water-perfused manometry. *Am. J. Gastroenterol*. 2007;102(4):850–5.
  150. Ihnát P, Vávra P, Guňková P et al. 3D high resolution anorectal manometry in functional anorectal evaluation. *Rozhl Chir*. 2014;93(11):524–9.
  151. Schweinitz D, Ure B. Kinderchirurgie: Viszerale und allgemeine Chirurgie des Kindesalters. Heidelberg: Springer; 2009.

## 7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Schemazeichnung des Katheters K10959-00-1166-D.....	20
Abbildung 2. Aufbau des Messplatzes.....	21
Abbildung 3. Ausschnitt einer Manometrieuntersuchung mit Aufzeichnung des Ruhedrucks.....	24
Abbildung 4. Ruhedruckmessung.....	25
Abbildung 5. Druckkurve des maximalen und relativen Kneifdrucks.....	26
Abbildung 6. Aufzeichnung des Dauerkneifens.....	27
Abbildung 7. Aufzeichnung des Pressversuchs.....	29
Abbildung 8. Beckenbodendyssynergie nach Rao et al. Typ I-IV.....	29
Abbildung 9. Aufzeichnung des Rektoanalen Inhibitionsreflexes.....	30
Abbildung 10. RAIR-Untersuchung mit fehlerhafter Aufzeichnung auf Kanal P6.....	31
Abbildung 11. Aufzeichnung eines normalen Hustentests.....	32
Abbildung 12. Aufzeichnung des Analprofils.....	33
Abbildung 13. 3D-Vektorvolumen-Darstellung des Analkanals und Beispiele für Radialsegmente.....	35
Abbildung 14. Alters- und Geschlechtsverteilung der Probanden.....	39
Abbildung 15. Histogramm für den mittleren Ruhedruck.....	40
Abbildung 16. Mittlerer Ruhedruck (stationäre Messung) getrennt nach Altersgruppe und..... Geschlecht.....	41
Abbildung 17. Histogramm für den mittleren Analdruck (links) und den maximalen Analdruck..... (rechts).....	43
Abbildung 18. Vergleich der Ruhedruckwerte verschiedener Messtechniken.....	44
Abbildung 19. Vergleich der Kneifdruckparameter in den einzelnen Altersgruppen.....	46
Abbildung 20. Korrelation von mittlerem maximalem Kneifdruck und Alter getrennt nach..... Geschlecht.....	47
Abbildung 21. Ergebnisse der Pressdruckmessung bezogen auf das Vorhandensein paradoxer..... analer Kontraktionen.....	53
Abbildung 22. Häufigkeit paradoxer analer Kontraktionen nach Alter.....	54
Abbildung 23. Anale Relaxation (RAIR) bezogen auf die visuelle Beurteilung.....	55
Abbildung 24. Asymmetrie in Abhängigkeit von Alters und Geschlecht.....	58
Abbildung 25. Normwerte für die Halbleitermanometrie bei Kindern.....	61
Abbildung 26. Vergleich des mittleren Ruhedrucks zwischen einzelnen Patientengruppen und..... Gesunden.....	66
Abbildung 27. Vergleich der Streuung des mittleren Ruhedrucks zwischen Obstipierten und..... Gesunden.....	68

---

Abbildung 28. Vergleich der Streuung des mittleren maximalen Kneifdrucks zwischen.....	
Inkontinenten und Gesunden .....	72
Abbildung 29. Vergleich des mittleren maximalen Kneifdrucks zwischen Patienten mit.....	
Überlaufkopresis und Gesunden .....	75
Abbildung 30. Vergleich der Relaxation nach Ballonstimulation der Patienten mit M. Hirsch-.....	
sprung im Vergleich zu Patienten ohne M. Hirschsprung und Gesunden .....	78
Abbildung 31. Vergleich der Streuung des mittleren Ruhedrucks zwischen Patienten mit ARM.....	
und Gesunden.....	80
Abbildung 32. Häufigkeit der Anwendung der anorektalen Manometrie laut Umfrage .....	84
Abbildung 33. Häufigkeit der genannten Kritikpunkte laut Umfrage .....	85
Abbildung 34. Ruhedruck-Aufzeichnung eines jungen, unruhigen Kindes .....	89
Abbildung 35. Ruhedruck-Aufzeichnung eines älteren Kindes.....	90
Abbildung 36. Schematische Zeichnung des Analkanals zur Darstellung der Ruhedruckmessung	101
Abbildung 37. Aufzeichnung der Dauerkneifdruckmessung nach Rao et al. über 30 s mit den.....	
Parametern max. Kneifdruck und max. Dauerkneifdruck .....	105
Abbildung 38. Vergleich der FUK in Abhängigkeit von korrekter Ausführung und Alter.....	108
Abbildung 39. Beispiele des Dauerkneifversuchs .....	109
Abbildung 40. Vergleich der Druckaufzeichnung des Pressmanövers gesunder Studien-.....	
teilnehmer.....	111
Abbildung 41. Vergleich des mtl.AD unserer Messungen mit dem Ruhedruck von Schuld et al... 129	
Abbildung 42. Vergleich der maximalen Kneifdruckwerte der Kinder mit den Werten.....	
Erwachsener .....	130
Abbildung 43. Aufzeichnung des Inhibitionsreflexes bei unruhigem Kind .....	142
Abbildung 44. 3D-HDAM Darstellung des Analkanals in Ruhe (links) und während des.....	
Kneifens (rechts) .....	159

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Vergleich der Messsysteme .....	15
Tabelle 2. Einteilung der Altersgruppen .....	22
Tabelle 3. Vergleich der analen und rektalen Druckverhältnisse der Dyssynergie-Typen.....	
nach Rao et al. ....	30
Tabelle 4. Ergebnisse des mittleren Ruhedrucks [mmHg] (stationäre Messung).....	41
Tabelle 5. Ergebnisse des maximalen Analdrucks [mmHg] (kontinuierliche Rückzugstechnik) ....	42
Tabelle 6. Ergebnisse des mittleren Analdrucks [mmHg] (kontinuierliche Rückzugstechnik).....	42
Tabelle 7. Ergebnisse des mittleren relativen Kneifdrucks [mmHg].....	45
Tabelle 8. Ergebnisse des mittleren maximalen Kneifdrucks [mmHg] .....	45
Tabelle 9. Ergebnisse des absolut-maximalen Kneifdrucks [mmHg].....	45
Tabelle 10. Ergebnisse der Kneifdruckmessung [mmHg] der weiblichen und männlichen.....	
Probanden.....	47
Tabelle 11 Fähigkeit zur Durchführung des Dauerkneiftests .....	48
Tabelle 12. Ergebnisse des maximalen Dauerkneifdrucks [mmHg].....	49
Tabelle 13. Ergebnisse des relativen Dauerkneifdrucks [mmHg] .....	49
Tabelle 14. Ergebnisse des mittleren Dauerkneifdrucks [mmHg] .....	49
Tabelle 15. Ergebnisse für die Fläche unter der Kurve [mmHg·s] .....	50
Tabelle 16. Ergebnisse für die Ermüdungsneigung [mmHg/s].....	50
Tabelle 17. Ergebnisse für den mittleren minimalen Druck [mmHg] während des Pressversuchs...	51
Tabelle 18. Ergebnisse für den maximalen analen Druckabfall [mmHg] während des.....	
Pressversuchs .....	52
Tabelle 19. Ergebnisse des prozentualen. analen. Druckabfalls während des Pressversuchs .....	53
Tabelle 20. Ergebnisse der Relaxation [%] während des RAIR .....	56
Tabelle 21. Ergebnisse der Asymmetrie [%] .....	57
Tabelle 22. Ergebnisse für Analkanallänge [mm] .....	59
Tabelle 23. Ergebnisse für Länge der Hochdruckzone [mm] .....	59
Tabelle 24. Ergebnisse für den Anteil der HDZ am gesamten Analkanal [%] .....	59
Tabelle 25. Übersicht über die Manometrieergebnisse der gesunden Stichprobe .....	60
Tabelle 26. Häufigkeit der Untersuchungsindikation zur anorektalen Manometrie (2011 - 2015)...	64
Tabelle 27. Manometrieergebnisse der proktologischen Patienten im Vergleich zur gesunden .....	
Stichprobe .....	64
Tabelle 28. Vergleich der Messergebnisse verschiedener proktologischer Krankheitsbilder .....	65

Tabelle 29. Manometrieergebnisse der Patienten mit Obstipation im Vergleich zum Normwert .....	
(Erstuntersuchung) .....	67
Tabelle 30. Anteil der obstipierten Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des .....	
Normwertbereichs .....	68
Tabelle 31. Manometrie-Ergebnisse der Patienten mit Inkontinenz im Vergleich zu Gesunden .....	70
Tabelle 32. Anteil der inkontinenten Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des .....	
Normwertbereichs .....	71
Tabelle 33. Manometrieergebnisse der Patienten mit Überlaufenkopresis im Vergleich zur.....	
gesunden Stichprobe (Erstuntersuchung).....	73
Tabelle 34. Anteil der Enkopresis-Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des .....	
Normwertbereichs .....	74
Tabelle 35. Manometrieergebnisse der Patienten mit M. Hirschsprung im Vergleich zur gesunden....	
Stichprobe .....	76
Tabelle 36. Manometrieergebnisse der Patienten mit anorektalen Malformationen im Vergleich.....	
zur gesunden Stichprobe .....	79
Tabelle 37. Anteil der ARM-Patienten mit Untersuchungsergebnissen außerhalb des .....	
Normbereichs .....	80
Tabelle 38. Mittlerer Ruhedruck und Asymmetrie der ARM-Patienten gruppiert nach der.....	
Krickenbeck-Klassifikation .....	82
Tabelle 39. Manometrieergebnisse der ARM-Patienten gruppiert nach der Wingspread-.....	
Klassifikation .....	82
Tabelle 40. Häufigkeit von Stuhlentleerungsstörungen bei ARM-Patienten.....	83
Tabelle 41. Übersicht der veröffentlichten Normwertstudien .....	93
Tabelle 42. Vergleich der publizierten Ruhedrucknormwerte .....	99
Tabelle 43. Vergleich der publizierten Kneifdruckwerte.....	103
Tabelle 44. Parameter der Dauerkneifdruckmessung .....	106
Tabelle 45. Vergleich der Asymmetrie-Parameter verschiedener Studien .....	117
Tabelle 46. Normwerte für die anorektale Manometrie im Kindesalter .....	123
Tabelle 47. Altersgruppierte Normwerte für den Ruhedruck [mmHg] .....	125
Tabelle 48. Vergleich der Ruhedruckwerte von Schimscha und Regensburg.....	125
Tabelle 49. Altersgruppierte Normwerte für den maximalen Kneifdruck .....	126
Tabelle 50. Altersgruppierte Normwerte für die Analkanallänge [cm] .....	127
Tabelle 51. Vergleich der publizierten Asymmetriewerte .....	128

---

Tabelle 52 Vergleich der Ruhedruckwerte von wasserperfundierten Systemen (= w.p.) und.....	
Halbleiterkathetern.....	132
Tabelle 53. Bewertung der Messparameter in der Diagnostik proktologischer Patienten im .....	
Kindesalter .....	148
Tabelle 54. Umfrageergebnisse kinderchirurgischer Kliniken .....	175
Tabelle 55. Diagnosekriterien der chronischen Obstipation .....	177
Tabelle 56. Wingspread Klassifikation zur Einteilung der anorektalen Fehlbildungen .....	177
Tabelle 57. Krickenbeck-Klassifikation zur Einteilung der anorektalen Fehlbildungen von 2005.	178



## 9. Anhang

### 9.1 Umfrage zur Nutzung der anorektalen Manometrie an kinderchirurgischen Kliniken in Deutschland

#### 9.1.1 Email zur Befragung der Ärzte

Sehr geehrter Herr / Frau Dr. X,

Im Rahmen meiner Doktorarbeit führe ich an der Klinik St. Hedwig in Regensburg eine Studie zur anorektalen Manometrie durch. Mein Ziel ist die Erhebung altersspezifischer Normwerten für Kinder mit Halbleiterkathetern.

In den letzten Jahren scheint dieses Untersuchungsverfahren jedoch zunehmend verlassen zu werden. Mich interessiert daher inwiefern die anorektale Manometrie heutzutage in Deutschland in kinderchirurgischen Ableitungen genutzt wird.

Da es bisher kein standardisiertes Untersuchungsschema zu geben scheint und in der Literatur eine Vielzahl an Tests und Parametern beschrieben sind, würde ich gerne in Erfahrung bringen,

- ob es an Ihrer Klinik ein Manometriegerät gibt und in welchem Umfang dieses genutzt wird
- welche Vor- und Nachteile Sie in diesem Untersuchungsverfahren sehen

zusätzlich würde mich interessieren

- welches Systeme (wasserperfundierte Sonden, Halbleiter, 3D-HRM) Sie nutzen
- welche Parameter Sie auswerten
- was in Ihrer Klinik die Hauptindikationen zur Untersuchung sind

Sie würden mir sehr helfen, wenn Sie mir ein kurzes Feedback geben könnten!

Vielen Dank für Ihre Hilfe!

Mit freundlichen Grüßen  
A. Thieme

## 9.1.2 Tabellarische Auswertung der Antworten

Tabelle 54. Umfrageergebnisse kinderchirurgischer Kliniken

Klinik	Nutzung	Grund der Ablehnen	Einsatzbereich/ Indikation	Messsystem	Messparameter
1	0	K, Z, G, M, P			
2	1 (externes Funktionslabor)	Z, M, T		wasserperfundierte (8-Kanal)	
3	0			3D-HRM	
4	2	N	Obstipation	Microtip Gaeltec 2 Druckaufnehmer, kein Ballon	Ruhedruck anal und rektal, anorektales Druckprofil mit P max; RAIR
5	0	A		Wasserperfundierte	
6	0				
7	0	T, A, B, M			
8	1	A	Obstipation M. Hirschsprung Biofeedback		
9	0			-	-
10	1 nur noch sehr selten	T, G	M. Hirschsprung peri-/ postoperativ	gasperfundierte 4-lumig	Ruhedruck, Kneifdruck, Compliance, Ballonexpulsionsversuch, Internusrelaxationsreflex
11	0				
12	0				-
13	0				
14	0	T			
15	0			-	-
16	1	M	Obstipation Inkontinenz M. Hirschsprung Biofeedback peri-/ postoperativ	gasperfundierte System: Laborie Medical Technologies 4-kanal-Air-charged-Katheter, zugehörige Ballon mit Metallspirale entfernt wird; Motorgesteuerter Rückzug	- Ruhedruck auf internusebene - Willkürdruck auf Internusebene - RAIR mittels Luftinsufflation in das Rektum - Erstellung des 3D Sphinkterprofils in Ruhe, fakultativ beim Pressen
17	0				
18	0				-
19	0	T			
20	0	A, T, B			
21	0	M, Z, A			
22	1	T	Inkontinenz M. Hirschsprung		Ruhedruck, Kneifdruck RAIR, Willkürdruck
23	0				
24	0	T		(wasserperfundierte)	
25	1	M A	peri-/ postoperativ ARM	Gerät: Firma MMS Solar® Aswertungssoftware: Database Software Version 8.17f April 2010 (MMS) Sonden ebenfalls von MMS 4 u/o 8 Kanal	
26	0	N, T			
27	0	B, N, K, A			
28	0	T			
29	2		Obstipation M. Hirschsprung ARM/ OP	Microtip Medtronic mit TIP-Manometrie-katheter (9-kanalig).	
30	0				
31	2	M	ARM M. Hirschsprung	gasperfundierte	

Klinik	Nutzung	Grund der Ablehnen	Einsatzbereich/ Indikation	Messsystem	Messparameter
32	1	T	ARM M. Hirschsprung Obstipation spezielle Fragestellung	wasserperfundiert 4 oder 8 Kanäle  MMS Solar Gastro® 2D oder 3DHRM- Einstellung möglich	Resting pressure test Squeeze test Endurance squeeze test Cough test Push test Sensation and compliance test RAIR
33	0	Z, M			
34	1	B, Z, A	Spez. Fragestellung peri-/ postoperativ M. Hirschsprung	wasserperfundiert	
35	2	N, M	M. Hirschsprung ARM peri-/ postoperativ Biofeedback	Microtip Sedia Gerät mit einem Gaeltec 4-Sektoren- Druckaufnehmer mit zusätzlichem Kanal für die Luftinsufflation des an der Spitze befestigten Ballons	RAIR (unter Narkose, genaue morphologische Analyse), Grundtonus, max Willkürkontraktion (wachen)  Interpretation nicht der absoluten Werte, sonder intraindividuelle verlaufskontrolle
36	2		M. Hirschsprung Inkontinenz peri-/ postoperativ	Wasserperfundiert	
37	2	G	Obstipation Inkontinenz ARM Biofeedback	Microtip Dantec Mirochip-Katheter: 2 Messpunkte im Abstand von 5cm , Innenlumen zum Insufflieren von Luft in das Rektum (ohne Ballon)	effektiver Verschluss- druck ( Differenz des proximalen und des distalen Messpunktes), Husten
38	0				
39	1		Spez. Fragestellung M. Hirschsprung ARM peri-/ postoperativ	3D-HRM 16 messpunktr  .	Analkanal-Länge, Kneifdruck, Relaxationen in %, Form und Aussehen der Vektoren in räumlich simulierter und farbakzentuierter Darstellung. Verschlussdruck bei Hustenstößen
40	0				
41	0				
42					
43	0	T, B, M, K			
44	2		Inkontinenz Obstipation M. Hirschsprung		
45	0				
46	1		ARM M. Hirschsprung Enkopresis	gasperfundiert	
47	1	A	ARM Spez. Fragestellung		
	0) nein 1) selten 2) routinemäßig	*			

Legende:

\*Grund für Ablehnung:

- A Bevorzugung alternativer diagnostischer Verfahren
- B Belastung der Kinder
- G Kosten
- K fehlende Korrelation von Druckwerten und Funktionszustand
- M mangelnde Mitarbeit/ Compliance
- N fehlende Normwerte und Standardisierung
- P Mangel an geschultem Personal
- T fehlende Konsequenz für Therapie, geringe Aussagekraft
- Z hoher zeitlicher Aufwand

## 9.2 Rom III Kriterien

Tabelle 55. Diagnosekriterien der chronischen Obstipation [48]

Definition: Bestehen von mindestens 2 der aufgeführten Symptome über einen Zeitraum von 12 Wochen	
-	starkes Pressen
-	klumpiger oder harter Stuhl
-	subjektiv empfundene unvollständige Entleerung
-	subjektive Obstruktion
-	manuelle Manöver zur Erleichterung der Defäkation, jeweils bei mindestens 25 % der Stuhlentleerungen
-	weniger als 3 Stuhlentleerungen pro Woche

## 9.3 Wingspread-Klassifikation

Tabelle 56. Wingspread Klassifikation zur Einteilung der anorektalen Fehlbildungen [151]

Höhe der Fehlbildung	Männlich	Weiblich
Hohe Formen	Anorektale Agenesie	Anorektale Agenesie
	- Rektovesikale Fistel	- Rektovaginale Fistel
	- ohne Fistel	- ohne Fistel
	Rektumatresie	Rektumatresie
Intermediäre Formen	Rektourethrale Fistel	Rektovestibuläre Fistel
		Rektovaginale Fistel
	Analagenesie ohne Fistel	Analagenesie ohne Fistel
Tiefe Formen	Anokutane (perineale) Fistel	Anokutane (perineale) Fistel
		Anovestibuläre (perineale) Fistel
	Analstenose	Analstenose

## 9.4 Krickenbeck-Klassifikation

Tabelle 57. Krickenbeck-Klassifikation zur Einteilung der anorektalen Fehlbildungen von 2005  
(überarbeitete Betrachtung der Klassifikation von Pena von 1989)

Hauptgruppe Jungen	Hauptgruppe Mädchen
Perineale (kutane) Fistel	Perineale (kutane) Fistel
Rektourethrale Fistel	Vestibuläre Fistel
- bulbär	
- prostatisch	
Rektovesikale Fistel	Kloakenfehlbildung
Anorektale Malformation ohne Fistel	Anorektale Malformation ohne Fistel
Analstenose	Analstenose
Seltene Fehlbildungen / regionale Besonderheiten	
Pouch-Kolon	
Rektumatresie (<1 %) / Rektumstenose	
Rektovaginale Fistel (<1 %)	
H-Fistel Typ	
Andere seltene Formen	

## 9.5 Aufklärung und Einwilligungserklärung



Klinik für Kinderchirurgie

Chefarzt

Prof. Dr. Bertram Reingruber

---

Akademisches Lehrkrankenhaus

der Universität Regensburg

DIN EN ISO 9001:2008/proCum Cert zertifiziert

---

Telefon: 0941 369-5301

Telefax: 0941 369-5305

kinderchirurgie@ barmherzige-  
regensburg.de

www.barmherzige-  
regensburg.de

### **Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie**

#### **„Normwerte für die anorektale Manometrie“**

Hiermit willige ich,

**Kind:**

Name

Vorname

Geb.-Datum

Adresse:

**Mutter:**

Name

Vorname

Geb.-Datum

**Vater:**

Name

Vorname

Geb.-Datum

In die Teilnahme an der Studie

#### **„Normwerte für die anorektale Manometrie“**

ein,

bei welcher im Rahmen einer rektomanometrischen Untersuchung Druckwerte des analen Schließmuskels von gesunden Kindern ermittelt werden.

Ich/mein Kind wurde für mich ausreichend mündlich und schriftlich über die wissenschaftliche Untersuchung informiert. Ich/mein Kind hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, und habe darauf für mich ausreichende Antworten erhalten. Ich/mein Kind hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an der Studie zu entschließen.

Ich/mein Kind habe insbesondere die mir vorgelegte Teilnehmerinformation verstanden und eine Ausfertigung derselben und dieser Einwilligungserklärung erhalten.

Ich weiß, dass mein Kind keine Nachteile zu befürchten hat, wenn ich/mein Kind eine Teilnahme ablehne und dass ich/mein Kind jederzeit die Einwilligung zur Untersuchung ohne Angabe von Gründen widerrufen kann, ohne dass dies für mich oder mein Kind nachteilige Folgen hat.

Bei Rücktritt von der Teilnahme an der Studie bin ich mit der Auswertung der schon vorhandenen Daten einverstanden.

**Ich/mein Kind bin/ist damit einverstanden, dass die im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung über mich/mein Kind erhobenen Daten sowie meine/meines Kindes sonstigen mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass meine/meines Kindes personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an dieser Untersuchung teilgenommen hat. Meine/meines Kindes persönlichen Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz.**

Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich/mein Kind einverstanden und bestätige dies mit meiner Unterschrift.

Mutter: \_\_\_\_\_

Vater: \_\_\_\_\_

Kind: \_\_\_\_\_

Ort \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Name des aufklärenden Arztes (Druckschrift): \_\_\_\_\_

Unterschrift des aufklärenden Arztes: \_\_\_\_\_



Klinikeindruck/Stempel

Patientendaten/Aufkleber

Paed 2 DE

Dokumentierte Patientenaufklärung  
Basisinformation zum Aufklärungsgespräch

Kleine Eingriffe am kindlichen After

### ■ Sehr geehrte Eltern, sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

die Untersuchung Ihres Kindes ergab eine Erkrankung am After/im Analkanal, die durch einen kleinen Eingriff behandelt werden sollte. Dieses Aufklärungsblatt soll helfen, das anstehende Aufklärungsgespräch vorzubereiten und die aufklärungsrelevanten Punkte zu dokumentieren. Bitte lesen Sie alles aufmerksam durch und beantworten Sie die Fragen gewissenhaft.

### ■ Welche Erkrankung liegt vor?

Bitte den behandelnden Arzt, die bei Ihrem Kind festgestellte Erkrankung unten anzukreuzen. Er wird Sie Ihnen, falls Sie dies wünschen, gerne näher erläutern.

- ☐ **Analfissuren** (Einrisse) sind Ausdruck eines Missverhältnisses von Stuhlvolumen/-konsistenz und der Afterweite. Infolge harten Stuhlgangs kann es zu schmerzhaften Einrissen kommen, die wiederum zu einem reflektorischen Stuhlverhalt führen.
- ☐ **Analfistel/Abszess:** Bakterien-Eintrittspforten in der Aftergegend können zu Entzündungen, Eiteransammlung (Abszess) oder Verbindungsgängen zum Analkanal und/oder zur Körperoberfläche (Fistel) führen.
- ☐ **Analstenose (Afterenge)** kann von Geburt an bestehen oder durch Entzündung/Narben erworben sein mit oft schmerzhafter Behinderung der Stuhlentleerung.
- ☐ **Analprolaps** (Vorfall) insbesondere bei Kindern mit Verstopfung, die stark pressen müssen; Darmschleimhaut oder die ganze Darmwand kann durch den After vorfallen.
- ☐ **Hämorrhoiden/Analvenenthrombose:** Blutgefäßpolster dienen der Abdichtung für Darmschleim. Blutstau z.B. bei starkem Pressen lässt die Gefäße anschwellen; sie können vor dem After sichtbar werden, die Stuhlhaltbarkeit beeinträchtigen, bluten und/oder ent-

zündliche Gerinnsel (Venenthrombose) und ggf. Schmerzen verursachen.

- ☐ **Hirschsprung'sche Krankheit** (Aganglionose) und andere Nervenzell-Anomalien (z.B. neuronale intestinale Dysplasie): Störungen im anatomischen Aufbau der Darmwand/der Verteilung der Nervenzellen können schwere Störungen der Darmtätigkeit zur Folge haben.
- ☐ **Marischen (Hautfalten)**, angeboren oder erworben, können die Säuberung des After erschweren und Entzündungen und Schmerzen verursachen.
- ☐ **Obstipation (Verstopfung)** hat manchmal eine organische Grundlage (s. Hirschsprung); häufiger entwickelt

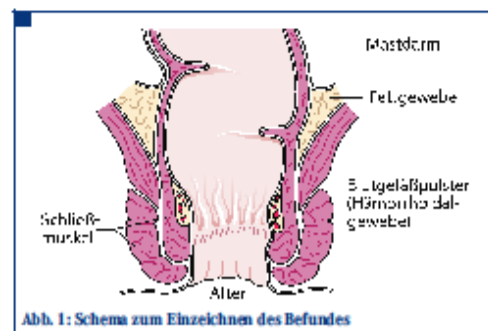


Abb. 1: Schema zum Einzeichnen des Befundes

Dokumentierte Patientenaufklärung - Herausgeber: proCompliance in Thieme Compliance GmbH - Empfehlung von Berufsverband der Coloproktologen Deutschlands e.V. - Redigiert von: Prof. Dr. med. H. P. Hünner - Autoren: Prof. Dr. med. H. P. Hünner, Dr. med. J. J. Kirsch, Prof. Dr. med. B. Reingruber - Juristische Beratung: RA Dr. jur. A. Schwerdtfeger - Wiss. Illustration: Alle Rechte bei Thieme Compliance GmbH - © 2012 by Thieme Compliance GmbH, 91058 Erlangen - Nachdruck - auch auszugsweise - und Fotokopieren verboten. Bestell-Adresse: Thieme Compliance GmbH, Am Weichselgarten 30, 91058 Erlangen, Tel. 09131 93406-40, Fax 93406-70 - www.proCompliance.de

Red. 08/2012v1  
Bestell-Nr.: DE 613045



sie sich aufgrund von falschen Ernährungs- und Stuhlgewohnheiten. Sie gehört zu den häufigsten Ursachen von Bauchschmerzen im Kindesalter.

- ☐ **Wucherungen** (z.B. Polypen, Feigwarzen) verschiedener Ursache können in jedem Lebensalter auftreten.

### ■ Behandlungsalternativen

Ohne Behandlung wird die vorliegende Erkrankung fortbestehen; sie kann sich auch verschlimmern und zu Komplikationen führen. Falls im Einzelfall neben den unten genannten Möglichkeiten noch weitere sinnvolle Alternativen bestehen, wird Sie der Arzt darüber auf Wunsch gerne informieren.

### ■ Wie wird der Eingriff durchgeführt?

Der Eingriff erfolgt je nach Befund in Allgemeinnarkose, Sedierung oder in regionaler Betäubung (z.B. Kaudalanästhesie), selten in örtlicher Betäubung oder unter Verwendung schmerzstillender Salben. Über Einzelheiten und spezifische Risiken der Narkose werden Sie gesondert aufgeklärt. Bitten Sie den behandelnden Arzt im Folgenden anzukreuzen, welche der folgenden Maßnahmen bei Ihrem Kind vorgesehen sind:

- ☐ **Austastung:** Die „digitale Untersuchung“ stellt, soweit möglich, die Basisuntersuchung des Afterkanals dar.
- ☐ **Endoskopie (Darmspiegelung):** Nach Reinigung des Darms durch Zäpfchen, Einläufe oder Klistiere wird ein optisches Instrument (Proktoskop, Rektoskop) in den Analkanal und Mastdarm eingeführt. Durch Einblasen von Luft wird der Darm entfaltet; so lassen sich krankhafte Veränderungen besser erkennen. Dabei können Gewebeproben entnommen und kleine Wucherungen entfernt werden.
- ☐ **Biopsie** (Gewebeentnahme zur feingeweblichen/mikroskopischen Untersuchung).
- ☐ **Kontrastmitteluntersuchung,** in erster Linie zur Diagnostik von Engstellen des Darms geeignet, hat nebenbei auch abführende Wirkung und einen Behandlungseffekt.
- ☐ **Afterdehnung:** die Dehnung einer narbigen Enge oder des Schließmuskels kann durch einen Ballon (pneumatisch), Kunststoff oder Metallstifte (Bougies) erfolgen.
- ☐ **Mastdarmausräumung:** Bei massiver Stuhleindickung (sog. Kotstein) erfolgt die mechanische Entfernung der festsitzenden Stuhlmasse mit dem Finger.
- ☐ **Spülbehandlung** (Irrigation): Im Falle einer Darmtransportstörung oder einer Funktionsstörung der Schließmuskulatur kann durch systematische Darmspülungen eine Darmüberdehnung vermieden bzw. eine zeitlich begrenzte Sauberkeit erreicht werden.
- ☐ **Sklerosierung** (Verödung): Bei **Aftervorfall** und damit verbundener Stuhl-Halteschwäche kann durch Injektionen (mehrere Sitzungen!) eine Straffung des Darmausgangs, bei **Hämorrhoiden** eine Schrumpfung der Gefäßpolster erzielt werden.
- ☐ **Krampflosende Behandlung** mit Salben oder Injektionen: Die Kraft der inneren Anteile des Schließmuskels wird kurzfristig herabgesetzt.
- ☐ **Fistel-/Abszessbehandlung:** Fistelgänge und Abszesse werden ausgeschnitten; die Wunde bleibt außen offen, damit sie aus der Tiefe allmählich verheilen kann; eine Fistel ohne Abszess kann auch „konservativ“ mit Fadendurchzug behandelt werden: Der Faden schnei-

det allmählich ohne lästige Wunde durch, während die Fistel abheilt.

- ☐ **Manometrie** (Schließmuskel-Druckmessung), eine rein diagnostische Maßnahme, die wertvolle Hinweise auf die Schließmuskel-Funktion gibt. Fehlende reflektorische Erschlaffung bei Dehnung des Mastdarms spricht meist für eine Hirschsprung'sche Erkrankung.
- ☐ **Sakralnervenstimulation:** Das willkürliche Kneifen des Afterschließmuskels erfolgt über Nerven, die auf Höhe des Kreuzbeins den Rückenmarkskanal verlassen. Dort kann man über elektrische Impulse die Funktion der Nerven und des Schließmuskels überprüfen. Eine so nachgewiesene Schließmuskelschwäche kann ggf. über einen Dauerimpuls (Schrittmacher) gebessert werden.
- ☐ **Erweiterungsplastik:** Ein verengter After wird durch spezielle Schnittführung (z.B. V-Y-Plastik oder S-Plastik) und Vernähen der Hautränder erweitert.
- ☐ **Einstülpungsplastik:** Ein ausgestülpter After kann durch eine spezielle Schnittführung so nach innen verlagert werden, dass ein normales Aftergrübchen entsteht. Dadurch kann die Stuhlhaltefähigkeit wesentlich verbessert werden.
- ☐ **Exzision** (Ausschneiden) von Geschwüren/Hautfalten/Fissuren/Polypen: Das erkrankte Gewebe wird unter Sicht, ggf. auf endoskopischem Weg vollständig ausgeschnitten/abgetragen.
- ☐ **Schließmuskeleingriff:** Von einem kleinen Schnitt am Afterrand aus wird der innere Schließmuskelring (Sphincter internus) in der Afterwand aufgesucht, eingekerbt (Myotomie) oder ggf. durch Ausschneiden eines Längsstreifens (Myektomie) geschwächt. Dadurch wird z.B. der Auslasswiderstand bei Stuhlentleerung normalisiert.
- ☐ **LASER-Behandlung:** Wucherungen oder Blutschwämme werden mit kontrollierter lichtverstärkter Strahlung verdampft.

Entnommenes Material (s. Biopsie, Ausschneiden, Myektomie) wird nach der Operation speziell zubereitet, gefärbt und in feinen Schichten mikroskopisch untersucht. Aufgrund des endgültigen Befundes kann sich später die Notwendigkeit zu weiteren Behandlungsmaßnahmen ergeben.

Bei Ihrem Kind kommen evtl. auch Medikamente (z.B. Injektionsmittel, Sedierung) zur Anwendung, die zur Behandlung Erwachsener entwickelt und erprobt wurden und trotz langjähriger Erfahrung bei Kindern behördlich noch nicht zugelassen sind. Ggf. werden wir Sie hierüber eingehend informieren.

### ■ Ist mit Komplikationen zu rechnen?

Das Risiko von Zwischenfällen bei und nach dem Eingriff hängt von den anatomischen Voraussetzungen und technischen Möglichkeiten ab. Die geplanten Maßnahmen sind in der Regel sichere Routineverfahren. Dennoch kann es dabei in Einzelfällen zu Zwischenfällen kommen, von denen einzelne extrem selten im Verlauf **lebensbedrohlich** sein können und weitere Behandlungsmaßnahmen erfordern. Zu nennen sind:

### ■ Während des Eingriffs:

- **Verletzung der Darmwand** bei einer Darmspiegelung. Zu ihrer Versorgung (Naht) kann dann eine Bauchoperation erforderlich werden. Selten ist in der Folge mit

Infektionen und Heilungsstörungen (z.B. Abszess, Fistel, Bauchfellentzündung) zu rechnen;

- sehr selten **Verletzung von Nerven und Schließmuskeln**, die für die Stuhlhaltbarkeit (Kontinenz) erforderlich sind;
- oberflächliche **Schleimhautreirisse** mit Sickerblutungen; diese sind in der Regel harmlos, die Blutung kommt rasch zum Stillstand und die Eirisse heilen innerhalb weniger Stunden ab. Im Falle fortgesetzter Blutauflagerungen am Stuhlgang oder Schmerzen beim Stuhlgang sollten Sie den Arzt verständigen;
- sehr selten stärkere **Blutungen**, die besondere Maßnahmen (z.B. blutstillende Medikamente) und/oder Blutersatz erfordern. Bei einer Fremdblutübertragung ist das Infektionsrisiko (z.B. mit Hepatitis, AIDS oder unbekannten Erregern) heutzutage extrem selten geworden;
- in seltenen Fällen leichtere **Unverträglichkeitsreaktionen** z.B. gegen das örtliche Betäubungsmittel oder ggf. verabreichte Medikamente, die sich z.B. als Juckreiz oder Hautausschlag äußern. **Schwere allergische Reaktionen** (mit Herz-Kreislaufstörungen, Atemstillstand) sind sehr selten, sie können allerdings eine intensivmedizinische Behandlung erfordern und zu **bleibenden Schäden** (z.B. Hirnschädigung, Nervenlähmung) führen;
- **Druckschäden an Nerven und Weichteilen** trotz ordnungsgemäßer Lagerung; sie bilden sich meist innerhalb weniger Wochen zurück und hinterlassen nur selten **bleibende Beschwerden** (z.B. Taubheitsgefühl, schmerzhaftes Missempfinden) oder störende Narben. Das gilt auch für **Hautschäden** durch Desinfektionsmittel und/oder elektrischen Strom;
- in seltenen Fällen **Haut-, Weichteil- und Nervenschäden** (Spritzenabszess, Absterben von Gewebe, Nerven- und Venenreizungen) infolge von Einspritzungen vor, bei oder nach der Operation, die **langandauernde Beschwerden** (Narben, Schmerzen) zur Folge haben können;

#### ■ Nach dem Eingriff:

- **Wundrandwülste oder Hautläppchen** können zu verzögerter Wundheilung und stärkerer Narbenbildung am After, manchmal auch zur Afterenge führen;
- **Wundinfektionen** sind nach Eingriffen am After normal, aber harmlos; oft sondert die Wunde dann gelbliches Sekret ab. Sehr selten kommt es in der Folge zur Schädigung der Schließmuskulatur. Gelegentlich können störende Narben (s. Afterenge) entstehen;
- **Narbenschumpfung** kann zur Behinderung der Stuhlentleerung führen; sie lässt sich meist durch Aufdehnung mit speziellen Metall- oder Kunststoffstiften behandeln; sehr selten ist eine operative Behandlung erforderlich;
- eine **schmerzhafte Verkrampfung des Afterschließmuskels** kommt insbesondere während der ersten Tage nach der Operation vor und kann die Stuhlentleerung behindern. Vorübergehend kann eine Neigung zur Verstopfung bestehen. Unter geeigneter Ernährung reguliert sich die Stuhltätigkeit meist schnell; selten kann zusätzlich eine Schließmuskeldehnung notwendig werden. In den ersten Tagen können **Stuhlhalteschwäche, verstärktes Stuhlindrangefühl und/oder Missempfindungen** bei der Stuhlentleerung bestehen. Diese Beschwerden verschwinden fast immer von selbst;

- **Blasenentleerungsstörungen und -halteschwächen** halten nach kleineren Eingriffen meist nur wenige Stunden oder Tage an. Es kann vorübergehend erforderlich sein, einen Blasenkatheter einzulegen;
- ein **Rückfall** (Rezidiv) des ursprünglichen Leidens, z.B. Wiederauftreten eines Abszesses oder einer Fistel, ist nicht auszuschließen.

#### ■ Wie sind die Erfolgsaussichten?

In den meisten Fällen führt die Behandlung schnell zur Beschwerdefreiheit und Heilung. Eine verlässliche Aussage kann zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch nicht gemacht werden. Ebenso ist ein erneutes Auftreten des Krankheitsbildes (Rezidiv) nicht mit Sicherheit auszuschließen.

#### ■ Ambulante Behandlung?

Nach Ausschluss wesentlicher Risikofaktoren kann die geplante Behandlung häufig ambulant durchgeführt werden. **Fragen Sie Ihren behandelnden Arzt nach genauen Verhaltensregeln.**

Am Behandlungstag sollte Ihr Kind **nüchtern sein**, vor der Untersuchung nichts gegessen oder getrunken haben. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass für verschiedene Maßnahmen teilweise unterschiedliche Nüchternzeiten vorgegeben sind. Medikamente (z.B. bei einer Dauermedikation mit blutgerinnungshemmenden Mitteln) sollten nur in Absprache mit dem Arzt genommen werden. Wesentliche Medikamente (z.B. Antikonvulsiva) können meist auch noch innerhalb der Nüchternzeiten verabreicht werden. Dies ist von Fall zu Fall zu klären. Teilen Sie bitte dem Arzt mit, falls Ihr Kind Medikamente regelmäßig benötigt.

Alter	Klare Flüssigkeit	Milch, Festes (mit Einschränkung)
< 1 Jahr	2 Stunden	4 Stunden
1–6 Jahre	2 Stunden	4–6 Stunden
> 6 Jahre	2 Stunden	6 Stunden

Sie sollten Ihr Kind unbedingt begleiten und abholen. Bitte beachten Sie auch die **Notwendigkeit einer ständigen Aufsicht** und die **Einschränkung der Straßenverkehrstauglichkeit** in den ersten 24 Stunden nach der Narkose bzw. nach Einnahme von Schmerz- oder Betäubungsmitteln! Es darf in dieser Zeit kein Fahrzeug (Fahrrad) gelenkt und keine gefährliche Tätigkeit (z.B. Klettern) ausgeübt werden. Ferner darf weder Alkohol getrunken noch geraucht werden. **Bitte beachten Sie gewissenhaft die Anweisungen Ihres behandelnden Arztes.**

#### ■ Ist eine Nachbehandlung erforderlich?

Der Arzt wird Ihnen erläutern, welche **Maßnahmen** zur Nachbehandlung erforderlich sind. **Bitte befolgen Sie seine Anweisungen genau!** So können Sie wesentlich zum Erfolg der Behandlung beitragen. Der **Stuhlgang** sollte für einige Tage durch flüssigkeits- und faserreiche Kost reguliert werden. Vereinbaren Sie bitte Termine zur **Wiedervorstellung/Nachuntersuchung**. Bei unklaren Schmerzen oder Fieber sollten Sie unverzüglich den Hausarzt, Kinderarzt, Operateur oder die nächste Klinik anrufen/aufsuchen.



■ Bitte helfen Sie uns!

Das Risiko ärztlicher Eingriffe wird durch körperliche Verfassung und Vorschäden beeinflusst. Um Gefahrenquellen rechtzeitig erkennen zu können, bitten wir Sie, folgende Fragen zu beantworten:

Alter: \_\_\_\_\_ Jahre Größe: \_\_\_\_\_ cm Gewicht: \_\_\_\_\_ kg

Geschlecht: \_\_\_\_\_

n = nein    j = ja

1. Bestehen Störungen des Stoffwechsels/ wichtiger Organe (z.B. Diabetes, Kreislauf, Herz, Nieren, Leber, Lunge, Schilddrüse, Nervensystem)? ☐ n ☐ j

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

2. Leidet Ihr Kind z.Zt. an einer Infektionskrankheit? ☐ n ☐ j

Wenn ja, an welcher? \_\_\_\_\_

3. Bestehen Allergien/Überempfindlichkeiten? (z.B. Pflaster, Latex, Medikamente, Nahrungsmittel)? ☐ n ☐ j

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

4. Besteht eine erhöhte **Blutungsneigung** (z.B. Nasenbluten, Zahnfleischbluten, häufig blaue Flecken, Nachbluten nach Operationen, Zahnbehandlungen, bei kleineren Wunden)? ☐ n ☐ j

Wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

Gibt es in der Blutsverwandtschaft eine Anlage zu einer erhöhten Blutungsneigung? ☐ n ☐ j

5. Kam es früher bei Wunden zu **Komplikationen** (z.B. Eiterung, verzögerte Heilung Abszesse, Fisteln, starke Narbenbildung)? ☐ n ☐ j

Wenn ja, zu welchen? \_\_\_\_\_

6. Kam es zur Bildung/Verschleppung von Blutgerinnseln (z.B. **Thrombose**, **Embolie**)? ☐ n ☐ j

7. Benötigt Ihr Kind regelmäßig Medikamente? ☐ n ☐ j

Wenn ja, welche/wie viel? \_\_\_\_\_

### ■ Arztanmerkungen zum Aufklärungsgespräch

(z.B. individuelle Risiken und mögliche Komplikationen; spezielle Fragen seitens der Eltern, Nebeneingriffe, Folgemaßnahmen, Beschränkung der Einwilligung z.B. hinsichtlich eines vorgeschlagenen Eingriffes oder einer Bluttransfusion, mögliche Nachteile im Falle einer Ablehnung/Verzögerung des Eingriffs, Gründe für die Ablehnung, Feststellung der Einsichtslosigkeit Minderjähriger).

Nur für den Fall einer Ablehnung des Eingriffes

Die vorgeschlagene Behandlung wurde nach ausführlicher Aufklärung abgelehnt. Über die sich daraus ergebenden möglichen Nachteile (z.B. Fortschreiten der Erkrankung, weitere Komplikationen) wurde eingehend informiert.

Ort, Datum, Uhrzeit

Eltern\*, ggf. Patientin/Patient

ggf. Zeuge

Ärztin/Arzt

## ■ Einwilligungserklärung

Über den geplanten Eingriff, Art und Bedeutung des Eingriffs, Risiken und mögliche Komplikationen, Erfolgsaussichten, Behandlungsalternativen, über Neben- und Folgeeingriffe sowie evtl. erforderliche Erweiterungen des Eingriffs wurde ich in einem Aufklärungsgespräch mit der Ärztin/dem Arzt

ausführlich informiert. Dabei konnte ich alle mir wichtig erscheinenden Fragen stellen.

Ich habe keine weiteren Fragen, fühle mich genügend informiert und willige hiermit in den geplanten Eingriff ein. Mit unvorhersehbaren, medizinisch erforderlichen Änderungen oder Erweiterungen des Eingriffes bin ich ebenfalls einverstanden.

Ort, Datum, Uhrzeit

Eltern\*, ggf. Patientin/Patient

Ärztlin/Ärzt

\* Grundsätzlich ist es erforderlich, dass **beide** Eltern unterschreiben. **Einsichtsfähige Patienten** sollen mit unterschreiben. Liegt die Unterschrift nur eines Elternteils vor, so versichert der/die Unterzeichnete zugleich, dass sie/er im Einverständnis mit dem anderen Elternteil handelt (oder dass sie/er das alleinige Sorgerecht für das Kind hat).

## 9.6 Rohdaten

### 9.6.1 Normwerte

#### Kollektiv

ID	Geschlecht	Diagnose	Alter (J)	Alter (M)	Gruppe	Ampullen- füllung	Untersuchungs- bedingungen	Untersuchungs- abbruch
232	0	2	1	23	2	0	1	0
233	0	1	3	47	3	0	1	0
234	1	1	10	128	5	0	1	0
235	1	6	11	139	5	0	1	0
236	1	1	7	87	4	0	1	2
237	0	2	3	44	3	0	2	0
238	0	1	2	24	2	0	2	0
239	1	1	7	92	4	0	1	2
240	1	1	9	119	4	0	2	0
241	1	4	0	2	1	0	1	0
242	0	3	8	97	4	0	1	0
243	0	1	0	10	2	0	3	0
244	0	1	9	115	4	0	1	1
245	1	1	8	97	4	1	2	1
246	1	6	6	79	4	0	1	0
247	1	1	1	21	2	0	1	0
248	1	1	1	21	2	0	1	0
249	1	1	4	51	3	0	1	0
250	0	1	0	5	1	0	1	0
251	1	1	10	124	5	0	1	0
252	1	1	1	22	2	1	2	0
253	0	1	4	51	3	0	1	0
254	0	5	7	92	4	2	1	0
255	0	1	1	22	2	1	3	0
256	1	2	5	62	3	0	1	2
257	1	1	6	75	4	0	1	1
258	0	2	6	78	4	0	1	0
259	0	3	9	112	4	0	2	0
260	1	3	5	65	3	0	2	1
261	1	3	6	75	4	1	1	0
262	0	1	6	73	4	0	1	0
263	1	1	2	33	2	1	1	0
264	1	1	2	34	2	2	1	0
265	1	5	8	103	4	2	1	0
266	1	9	10	130	5	0	2	0
267	0	3	0	10	2	0	1	0
268	0	2	10	121	5	0	1	0
269	1	3	4	58	3	0	1	0

ID	Geschlecht	Diagnose	Alter (J)	Alter (M)	Gruppe	Ampullen- füllung	Untersuchungs- bedingungen	Untersuchungs- abbruch
270	1	3	0	6	1	0	3	0
271	1	3	3	43	3	0	1	0
272	0	2	3	43	3	1	2	0
273	1	1	1	19	2	0	2	0
274	1	1	1	12	2	0	2	0
275	0	1	6	72	4	0	1	0
276	0	1	0	9	2	1	2	0
277	1	4	0	2	1	0	2	0
278	1	10	5	71	3	0	1	0
279	0	1	6	82	4	0	1	0
280	1	1	9	109	4	0	1	0
281	1	1	5	67	3	0	1	2
282	0	7	3	41	3	0	1	0
283	1	1	6	82	4	0	1	0
284	0	1	0	11	2	0	3	0
285	0	10	5	62	3	0	1	0
286	0	3	7	85	4	0	2	2
287	0	1	10	120	5	0	2	0
288	1	1	10	123	5	0	1	0
289	0	1	0	4	1	0	2	0
290	1	5	14	179	5	0	1	0
291	1	4	0	1	1	0	2	0
292	0	5	11	140	5	0	1	0
293	1	1	3	40	3	0	1	0
294	1	1	0	9	2	0	3	1
295	1	10	4	52	3	0	2	1
296	1	1	0	5	1	0	1	0
297	0	1	0	8	2	0	2	0
298	0	1	1	22	2	0	1	0
299	0	10	1	19	2	0	1	0
300	1	3	5	60	3	0	1	0
301	1	3	0	0	1	0	3	0
302	0	2	10	127	5	0	1	0
303	0	1	8	111	4	0	1	0
315	1	8	0	3	1	0	3	0
	0 weiblich 1 männlich	*			**	0 leer 1 leicht gefüllt 2 stark gefüllt	1 gut 2 unruhig 3 schlecht	0 kein 1 vorzeitig 2 Ablehnen des Ballons





ID	mRD	RD1	RD2	RD3	RD4	RD5	RD6	abs.max.KD	mtl.rel.KD	ges.max.KD	Max KD1	max. KD2	max. KD3	RD Kneifen
298	51	62	47	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
299	56	51	67	52	53	-	-	182	62	121	121	-	-	60
300	74	76	71	75	-	-	-	261	124	188	148	188	125	64
301	19	18	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
302	74	87	69	60	78	-	-	401	217	292	287	231	292	75
303	79	75	78	85	77	-	-	246	93	175	175	115	-	82
315	54	48	60	60	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Messwerte RAIR und Pressen

ID	RAUR U1	RAUR U2	RAIR sicher	RAIR Relaxation [%]	Relaxation 60%	Relaxation 46%	Ballongröße	Mtl. Min PD	Min PD1	Min PD 2	Min PD 3	RD Pressen	Pressen Relaxation [%]	Nachträgl. Relaxation	Paradoxe Kontraktionen	Art der paradox. Kontraktionen
232	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	-	-	-	-
233	1	1	1	65	1	1	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
234	1	1	1	90	1	1	12	16	29	16	15	43	63	0	0	0
235	1	1	1	51	0	1	12	59	59	62	-	76	22	1	1	3
236	-	-	-	-	-	-	-	27	27	37	-	51	47	0	0	0
237	0	0	0	36	0	0	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
239	-	-	-	-	-	-	-	48	48	38	-	68	30	0	0	0
240	1	1	1	34	0	0	12	64	64	79	76	74	12	0	1	1
241	1	1	1	89	1	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
242	1	1	1	78	1	1	12	46	55	46	-	60	22	1	1	3
243	0	0	0	86	1	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
244	0	0	0	25	0	0	12	19	26	19	-	35	40	0	0	0
245	0	0	0	44	0	0	12	11	15	11	-	58	79	0	1	2
246	1	1	1	52	0	1	12	18	18	22	-	46	63	0	0	0
247	1	1	1	97	1	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248	1	1	1	48	0	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
249	1	1	1	72	1	1	12	13	-1	13	-	47	73	0	0	0
250	1	1	1	65	1	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
251	1	1	1	76	1	1	12	1	1	-8	-	56	83	0	1	1
252	1	1	1	72	1	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
253	1	1	1	50	0	1	12	35	35	27	-	66	50	-	0	0
254	0	0	0	92	1	1	12	22	22	36	-	39	44	0	0	0
255	1	1	1	86	1	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
256	-	-	-	-	-	-	-	5	8	5	10	50	90	0	0	0
257	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
258	1	1	1	63	1	1	12	8	1	10	8	63	85	0	0	0





ID	RAUR U1	RAIR U2	RAIR sicher	RAIR Relaxation [%]	Relaxation 60%	Relaxation 46%	Ballongröße	Mtl. Min PD	Min PD1	Min PD 2	Min PD 3	RD Pressen	Pressen Relaxation [%]	Nachträgl. Relaxation	Paradoxe Kontraktionen	Art der paradox. Kontraktionen
300	1	1	1	84	1	1	12	15	33	17	15	80	81	0	0	0
301	1	1	1	100	1	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
302	1	1	1	66	1	1	12	25	46	25	34	62	61	0	0	0
303	1	1	1	72	1	1	12	19	40	19	-	63	71	0	0	0
315	1	1	1	67	1	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Messwerte Dauerknreifen, Analprofil

ID	Dauerkontraktionsvermögen	rel.-DKD	max.DKD	mtl.DKD	Ermüdungsneigung	FUK	Husten	Asymmetrie	Mtl. AD	Max AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ %	Analprofil
232	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
233	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
234	1	118	171	39	-6,82	421	-	68,2	29	93	34,8	14,1	41	1
235	1	218	303	119	-3,57	1279	1	41,9	63	107	29,3	13,5	46	1
236	2	139	193	43	4,58	464	1	32,7	51	118	38,4	17,5	46	1
237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
239	1	183	264	62	-2,34	796	1	35,7	88	162	35,1	19,7	56	1
240	3	42	115	1	-1,30	13	1	23,3	72	121	37,8	22,8	60	1
241	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
242	1	124	221	36	-28	384	-	33	73	157	47,7	20,8	44	1
243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
244	2	281	328	87	-3,85	932	-	-	-	-	-	-	-	0
245	2	244	332	51	-9,35	550	-	-	-	-	-	-	-	0
246	3	570	140	6	-2,50	43	1	36,7	48	121	44,3	17,7	40	1
247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
249	-	-	-	-	-	-	-	24,9	53	161	40,5	17,6	43	1
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
251	1	90	116	16	-4,41	174	1	41	67	132	36,7	19,2	52	1
252	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
253	-	-	-	-	-	-	-	34,9	74	132	33,2	13,2	40	1
254	1	81	146	25	-2,96	270	-	42,4	47	132	45,5	14,1	31	1
255	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
256	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
257	3	189	244	-24	-5,23	-257	-	-	-	-	-	-	-	0
258	-	-	-	-	-	-	1	43,8	43	115	37,3	16,1	43	1
259	3	46	93	-3	-2,39	-33	1	45,7	33	90	36,9	13,7	37	1
260	-	-	-	-	-	-	-	50	28	57	40,5	16,2	40	1

ID	Dauerkontraktionsvermögen	rel.-DKD	max.DKD	mtl.DKD	Ermüdungsneigung	FUK	Husten	Asymmetrie	Mtl. AD	Max AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ %	Analprofil
261	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
262	2	249	309	63	-5,10	669	1	35,1	63	126	70,4	40	57	1
263	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
264	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
265	2	284	343	106	-114	1205	-	25,8	51	80	32,7	21,6	66	1
266	1	115	164	74	-2,56	790	-	26,7	57	90	42,5	25,4	60	1
267	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
268	2	408	460	113	12,35	1210	3	40,4	69	182	31,7	11,6	37	1
269	-	-	-	-	-	-	1	31,2	84	160	38,7	23,1	60	1
270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
271	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
272	-	-	-	-	-	-	-	47,8	21	59	45,8	13,2	29	1
273	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
274	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
275	2	52	104	3	-,68	34	1	51,3	67	163	38,8	12,1	31	1
276	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
277	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
278	2	143	179	12	-1,75	121	0	42,4	24	63	36,5	6,1	17	1
279	-	-	-	-	-	-	-	127,5	54	125	33,2	16,3	49	1
280	1	143	204	73	-2,71	937	1	29,9	51	85	40,1	22,6	56	1
281	-	-	-	-	-	-	1	32,1	53	94	36,9	23,4	63	1
282	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
283	2	262	340	132	-,43	1411	-	27,9	73	126	45	22,8	51	1
284	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
285	1	96	159	29	-9,41	149	1	30,8	84	185	34,8	14,5	42	1
286	2	188	260	67	-2,90	721	-	33,4	51	227	38,4	14	36	1
287	2	115	152	13	-,13	150	1	30	66	152	41,4	13,2	32	1
288	1	170	257	38	-5,21	399	-	31,2	75	179	52,5	12,1	23	1
289	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
290	1	132	219	40	-1,55	431	0	29,7	93	161	49,9	29,6	59	1
291	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
292	1	108	179	32	-3,38	346	3	36,9	55	96	44,3	25,2	57	1
293	2	168	238	64	4,71	684	1	-	-	-	-	-	-	0
294	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
295	2	199	240	96	6,47	1025	-	34,9	51	110	51,1	17,4	34	1
296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
297	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
298	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
299	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
300	-	-	-	-	-	-	-	50,3	39	85	55,4	24,9	45	1
301	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
302	2	265	343	32	-5,90	357	1	45,2	68	201	49	18,1	37	1

ID	Dauerkontraktionsvermögen	rel.-DKD	max.DKD	mtl.DKD	Ermüdungsneigung	FUK	Husten	Asymmetrie	Mtl. AD	Max AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ %	Analprofil
303	-	-	-	-	-	-	1	42,5	47	118	22,2	7,5	34	1
315	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	1 gut 2 mäßig 3 fehlerhafte Durchführung						0 anal<rektal 1 anal>>rektal 2 anal≥rektal							0 nicht vorhanden 1 vorhanden

## 9.6.2 funktionelle Obstipation

*Kollektiv*

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe (Erstuntersuchung)	Auswertungszeitraum
2	0	0	5	1	1
10	1	1	16	2	1
14	1	0	8	2	1
16	1	11	139	5	1
17	0	0	6	1	1
23	1	0	2	1	1
25	1	2	28	2	1
30	1	0	1	1	1
33	1	0	6	1	1
35	1	1	23	2	1
36	0	0	9	2	1
37	1	0	2	1	1
46	1	0	2	1	1
59	1	1	18	2	1
63	1	0	10	2	1
64	0	0	11	2	1
65	0	4	49	3	1
70	1	0	5	1	1
71	1	0	7	2	1
72	1	0	9	2	1
76	1	1	20	2	1
77	0	4	48	3	1
87	1	0	1	1	1
89	0	5	62	3	1
120	0	1	16	2	1
136	1	6	75	4	1
141	0	2	31	2	1
144	0	9	118	4	1
150	0	0	10	2	2
151	0	3	45	3	2
157	0	6	76	4	2
158	0	1	19	2	2
161	1	0	11	2	2
164	0	1	19	2	2
166	1	8	100	4	2
167	0	13	157	5	2
172	1	8	100	4	2
174	1	1	12	2	2
180	1	1	15	2	2

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe (Erstuntersuchung)	Auswertungszeitraum
181	0	12	147	5	2
182	1	0	4	1	2
184	0	3	37	3	2
189	0	2	33	2	2
191	1	0	7	2	2
193	0	0	2	1	2
194	1	3	36	3	2
195	0	11	142	5	2
198	1	1	15	2	2
201	1	3	36	3	2
202	1	3	39	3	2
203	1	2	33	2	2
204	1	1	18	2	2
205	0	1	19	2	2
211	1	4	55	3	2
215	0	0	2	1	2
217	1	0	4	1	2
218	0	2	24	2	2
220	1	0	8	2	2
227	0	0	3	1	2
229	1	5	65	3	2
308	1	0	4	1	2
309	1	3	39	3	2
311	0	10	121	5	2
313	0	0	3	1	2
	0 weiblich 1 männlich			1) 0 - 6 Monate 2) 7 Monate - 2 Jahre 3) 3 Jahre - 5 Jahre 4) 6 Jahre - 9 Jahre 5) > 10 Jahre	1) 2011-2013 2) 2013-2015

### Ruhe- / Kneifdruck

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
2	40	-	-
10	60	-	-
14	66	-	-
16	82	268	188
17	36	-	-
23	96	-	-
25	79	-	-
30	84	-	-
33	62	-	-

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
35	79	-	-
36	84	-	-
37	75	-	-
46	75	-	-
59	78	-	-
63	93	-	-
64	79	-	-
65	63	193	76
70	82	-	-
71	34	-	-
72	86	-	-
76	73	-	-
77	38	-	-
87	54	-	-
89	143	165	49
120	54	-	-
136	59	-	-
141	94	-	-
144	74	185	135
150	73	-	-
151	48	-	-
157	36	-	-
158	53	-	-
161	85	-	-
164	42	-	-
166	66	209	144
167	43	143	100
172	65	-	-
174	49	-	-
180	65	-	-
181	59	-	-
182	109	-	-
184	77	-	-
189	65	-	-
191	28	-	-
193	7	-	-
194	47	-	-
195	100	158	54
198	68	-	-
201	12	-	-
202	30	-	-
203	70	-	-
204	56	-	-

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
205	33	-	-
211	43	324	269
215	84	-	-
217	37	-	-
218	76	-	-
220	99	-	-
227	67	-	-
229	54	116	66
308	130	-	-
309	87	-	-
311	97	146	76
313	107	-	-

### *Dauerkneifen*

ID	Dauer- kontraktions- vermögen	Rel. DKD	Max. DKD	Mtl. DKD	Ermüdungs- neigung	FUK
16	1	211	291	71	-8,13	753
65	1	63	163	26	-1,55	288
167	1	173	193	19	-2,82	516
211	2	50	62	10	-,40	101
229	2	103	143	18	,39	201
311	1	78	186	46	-,13	484
	1 gut 2 mäßig					

### *Pressen*

ID	min.PD	RD vor Pressen	Pressen - Relaxation	Paradoxe Kontraktionen
16	13	192	93	0
30	26	37	31	0
65	76	79	3	1
144	7	82	89	0
166	51	60	14	1
167	10	31	60	0
211	19	28	29	1
229	8	71	89	1
311	60	74	18	0
16	13	192	93	0
30	26	37	31	0
65	76	79	3	1
				0 nicht vorhanden 1 vorhanden



*Analprofil*

ID	Asymmetrie	Max AD	Mtl. AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ
10	24,8	150,3	82,3	31,0	13,3	43
16	22,6	102,0	59,0	37,7	15,5	41
17	22,7	165,0	103,0	41,1	26,3	64
23	24,9	170,0	-	30,9	13,5	44
33	27,8	158,0	88,0	67,0	34,8	52
65	32,5	235,0	87,0	47,7	12,6	26
70	21,9	124,0	68,0	30,8	11,2	36
87	28,5	160,0	81,0	20,4	7,9	39
205	34,8	68,0	32,0	33,4	12,9	39

*RAIR*

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %
2	1	80	1	1
10	1	59	0	1
14	1	72	1	1
16	1	83	1	1
17	1	68	1	1
23	1	79	1	1
25	1	51	0	1
30	0	37	0	0
33	1	69	1	1
35	0	24	0	0
36	0	14	0	0
37	0	80	1	1
46	1	88	1	1
59	1	58	0	1
63	1	78	1	1
64	1	44	0	0
65	1	65	1	1
70	1	70	1	1
71	0	100	1	1
72	1	57	0	1
76	1	78	1	1
87	1	49	0	1
89	1	61	1	1
120	1	74	1	1
136	1	78	1	1
141	0	66	1	1
150	0	64	1	1
151	1	77	1	1
157	1	28	0	0

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %
158	0	42	0	0
161	0	23	0	0
164	1	70	1	1
166	2	47	0	1
167	0	71	1	1
172	1	42	0	0
174	1	58	0	1
180	0	17	0	0
182	1	98	1	1
184	1	22	0	0
189	1	69	1	1
191	1	78	1	1
193	1	100	1	1
194	1	73	1	1
195	1	35	0	0
198	0	39	0	0
203	1	40	0	0
204	1	82	1	1
205	1	55	0	1
211	1	33	0	0
215	1	46	0	1
217	1	98	1	1
218	2	56	0	1
220	1	84	1	1
227	1	73	1	1
229	1	64	1	1
308	2	57	0	1
309	2	43	0	0
311	0	46	0	1
313	0	32	0	0
	0 visuell nicht vorhanden 1 visuell vorhanden		0 nicht erreicht 1 60 % erreicht	0 nicht erreicht 1 46 % erreicht

## 9.6.3 Überlaufenkopresis

*Kollektiv*

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe (Erstuntersuchung)	Auswertungszeitraum
6	0	7	88	4	1
21	1	5	68	3	1
24	0	5	62	3	1
32	1	11	94	4	1
34	0	6	81	4	1
40	1	6	81	4	1
62	0	10	130	5	1
88	1	9	117	4	1
90	1	14	169	5	1
97	0	7	91	4	1
112	0	7	88	4	1
113	1	12	146	5	1
116	1	10	125	5	1
133	1	9	108	4	1
148	0	7	93	4	1
152	0	1	12	2	2
153	1	9	118	4	2
155	1	13	166	5	2
159	0	7	90	4	2
160	0	6	72	4	2
162	1	7	91	4	2
171	1	6	80	4	2
173	1	6	76	4	2
175	0	7	89	4	2
177	1	5	61	3	2
179	0	3	41	3	2
188	0	8	104	4	2
192	0	4	48	3	2
199	1	5	62	3	2
200	0	15	182	5	2
206	1	5	70	3	2
209	1	4	52	3	2
210	1	6	82	4	2
212	1	3	46	3	2
219	1	10	130	5	2
224	1	5	71	3	2
230	0	5	60	3	2
231	1	2	31	2	2
306	1	5	63	3	2

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe (Erstuntersuchung)	Auswertungszeitraum
	0 weiblich 1 männlich			1) 0 - 6 Monate 2) 7 Monate - 2 Jahre 3) 3 Jahre - 5 Jahre 4) 6 Jahre - 9 Jahre 5) > 10 Jahre	1) 2011-2013 2) 2013-2015

*Ruhe- / Kneifdruck*

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
6	68	182	109
21	79	115	51
24	26	161	106
32	35	67	24
34	60	97	41
40	60	-	-
62	67	127	43
88	48	-	-
90	110	279	175
97	83	129	96
112	48	101	49
113	47	216	165
116	60	196	104
133	55	254	197
148	82	207	79
152	53	212	163
153	18	125	101
155	29	68	37
159	64	-	-
160	46	80	49
162	56	131	65
171	76	101	50
173	61	129	53
175	37	57	26
177	51	-	-
179	45	-	-
188	74	110	42
192	42	-	-
199	24	74	43
200	75	189	135
206	55	199	123
209	65	250	190
210	61	127	71

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
212	37	-	-
219	38	112	82
224	31	-	-
230	76	-	-
231	45	-	-
306	51	113	73

### *Dauerkneifen*

ID	Dauer- kontraktions- vermögen	Rel. DKD	Max. DKD	Mtl. DKD	Ermüdungs- neigung	FUK
6	1	132	235	52	-,59	562
21	2	47	99	16	2,21	168
24	1	179	257	81	-1,74	863
40	2	103	201	-18	-9,10	-201
62	1	38	130	6	-2,39	61
90	2	173	264	68	,16	718
112	2	44	110	4	-1,89	39
113	1	315	365	87	-2,94	931
116	2	196	257	51	-4,75	478
133	1	174	221	43	-19,99	235
148	2	57	244	-12	-,71	-125
152	2	194	274	35	-8,21	367
153	1	62	71	38	,44	411
155	2	45	81	11	,46	120
160	2	76	136	13	-1,91	132
162	1	38	96	19	,35	215
171	1	79	140	26	,90	290
173	2	69	140	38	-,70	397
175	1	46	90	13	-,79	136
177	2	135	176	55	-8,49	593
188	2	68	128	46	-2,43	221
199	2	43	76	-3	-5,20	-26
200	1	118	172	50	-1,75	535
206	1	148	251	56	-14,18	599
209	2	201	264	63	-1,21	679
210	1	82	130	36	2,63	388
219	2	77	135	38	-,25	459
306	1	174	204	57	,24	609
	1 gut 2 mäßig					

*Pressen*

ID	Min.PD	RD vor Pressen	Pressen - Relaxation	Paradoxe Kontraktionen
6	4	54	92	0
21	29	47	37	0
24	79	84	5	1
32	25	39	37	1
34	46	54	16	0
40	21	46	55	0
62	12	62	81	0
90	74	74	0	0
97	97	116	17	0
112	35	55	36	0
113	40	46	13	0
116	40	40	0	0
133	52	65	18	0
148	93	108	13	1
152	4	60	93	0
153	36	47	17	1
155	22	31	21	1
159	10	51	82	1
160	24	37	36	1
162	3	81	94	1
171	70	75	6	1
173	62	81	23	0
175	21	39	47	1
177	51	96	46	1
188	51	56	25	0
199	9	16	46	1
200	4	32	88	0
206	9	67	86	1
209	37	71	47	1
210	45	45	0	1
306	10	44	74	0
				0 nicht vorhanden 1 vorhanden

*Analprofil*

ID	Asymmetrie	Max AD	Mtl. AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ
6	30,1	119,0	54,0	45,8	16,9	,37
21	30,5	120,0	64,3	39,5	16,7	,42
24	34,7	79,0	36,0	43,5	21,2	,49
32	36,3	81,0	48,0	21,0	7,9	,38

40	31,0	146,0	72,0	50,7	19,5	,38
88	35,2	108,0	54,0	49,5	15,2	,31
90	26,0	113,0	60,0	67,4	27,7	,41
97	24,2	112,0	65,0	36,0	18,0	,50
112	43,8	53,0	21,0	61,5	22,1	,36
133	18,7	115,0	74,0	28,8	14,5	,50
148	30,4	256,0	94,7	32,6	8,9	,27
171	37,3	89,0	44,0	33,1	10,8	,33
177	29,7	117,0	49,0	27,5	10,5	,38
188	32,9	138,0	64,0	30,5	10,1	,33
199	75,4	63,0	21,0	32,1	13,1	,41
200	32,8	98,0	49,0	24,3	9,7	,40
206	25,1	122,0	68,0	48,0	17,2	,36
219	120,4	86,0	15,0	55,8	24,7	,44

*RAIR*

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %
6	0	52	0	1
21	0	72	1	1
24	1	73	1	1
32	1	54	1	1
34	1	66	1	1
40	0	68	1	1
62	1	42	0	0
88	1	78	1	1
90	1	41	0	0
97	1	61	1	1
112	0	52	0	1
113	1	23	0	0
116	1	81	1	1
133	1	100	1	1
148	1	48	0	1
152	1	36	0	0
153	1	34	0	0
155	1	33	0	0
159	0	17	0	0
160	2	53	0	1
162	0	55	0	1
171	0	25	0	0
173	0	34	0	0
175	0	40	0	0
177	1	50	0	1
179	1	100	1	1

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %
188	1	64	1	1
192	0	76	1	1
199	1	62	1	1
200	0	95	1	1
206	0	100	1	1
209	1	54	0	1
210	1	81	1	1
212	1	54	0	1
219	1	100	1	1
224	2	72	1	1
230	0	73	1	1
231	1	72	1	1
306	1	60	1	1
	0 visuell nicht vorhanden 1 visuell vorhanden		0 nicht erreicht 1 60 % erreicht	0 nicht erreicht 1 46 % erreicht



## 9.6.4 Inkontinenz

*Kollektiv*

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe (Erstuntersuchung)	Auswertungszeitraum
3	1	13	158	5	1
6	0	7	88	4	1
7	1	7	89	4	1
8	0	11	135	5	1
9	1	6	74	4	1
11	1	1	20	2	1
21	1	5	68	3	1
24	0	5	62	3	1
29	0	6	72	3	1
32	1	11	94	4	1
34	0	6	81	4	1
40	1	6	81	4	1
51	0	8	107	4	1
62	0	10	130	5	1
68	1	8	97	4	1
83	1	4	57	3	1
88	1	9	117	4	1
90	1	14	169	5	1
97	0	7	91	4	1
98	1	7	84	4	1
100	1	8	105	4	1
105	0	7	88	4	1
110	1	5	65	3	1
112	0	7	88	4	1
113	1	12	146	5	1
116	1	10	125	5	1
127	1	6	73	4	1
133	1	9	108	4	1
137	1	10	129	5	1
140	1	5	70	3	1
148	0	7	93	4	1
149	1	11	140	5	1
153	1	9	118	4	2
154	0	5	63	3	2
155	1	13	166	5	2
156	1	6	83	3	2
159	0	7	90	4	2
160	0	6	72	4	2
162	1	7	91	4	2

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe (Erstuntersuchung)	Auswertungszeitraum
171	1	6	80	4	2
173	1	6	76	4	2
175	0	7	89	4	2
177	1	5	61	3	2
183	1	4	77	3	2
188	0	8	104	4	2
192	0	4	48	3	2
199	1	5	62	3	2
200	0	15	182	5	2
206	1	5	70	3	2
209	1	4	52	3	2
210	1	6	82	4	2
214	1	8	104	4	2
219	1	10	130	5	2
223	0	15	180	5	2
225	1	5	66	3	2
228	0	9	119	4	2
230	0	5	60	3	2
304	1	7	90	4	2
306	1	5	63	3	2
	0 weiblich 1 männlich			1) 0 - 6 Monate 2) 7 Monate - 2 Jahre 3) 3 Jahre - 5 Jahre 4) 6 Jahre - 9 Jahre 5) > 10 Jahre	1) 2011-2013 2) 2013-2015

*Ruhe- / Kneifdruck*

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
3	22	100	81
6	68	182	109
7	82	211	115
8	90	110	53
9	68	85	15
21	79	115	51
24	26	161	106
29	62	219	156
32	35	67	24
34	60	97	41
40	60	-	-
43	-	63	33
51	24	110	92

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
62	67	127	43
68	76	185	96
83	60	159	93
88	48	-	-
90	110	279	175
97	83	129	96
98	60	299	215
100	53	92	42
105	61	135	74
110	21	71	54
112	48	101	49
113	47	216	165
116	60	196	104
127	49	-	-
133	55	254	197
137	28	46	15
140	74	284	197
148	82	207	79
149	73	141	55
153	18	125	101
154	24	-	-
155	29	68	37
156	49	125	65
159	64	-	-
160	46	80	49
162	56	131	65
171	76	101	50
173	61	129	53
175	37	57	26
177	51	-	-
183	22	-	-
188	74	110	42
192	42	-	-
199	24	74	43
200	75	189	135
206	55	199	123
209	65	250	190
210	61	127	71
214	20	-	-
219	38	112	82
223	20	36	23
225	52	121	59
228	91	193	96

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
230	76	-	-
304	84	-	-
306	51	113	73

### *Dauerkneifen*

ID	Dauer- kontraktions- vermögen	Rel. DKD	Max. DKD	Mtl. DKD	Ermüdungs- neigung	FUK
3	1	207	240	33	-4,23	351
6	1	132	235	52	-,59	562
7	1	108	188	7	-4,40	66
8	2	21	119	-17	-2,74	-184
9	2	37	121	7	-,78	82
21	2	47	99	16	2,21	168
24	1	179	257	81	-1,74	863
29	1	201	257	63	-5,47	671
40	2	103	201	-18	-9,10	-201
51	2	185	201	66	-2,48	711
62	1	38	130	6	-2,39	61
68	1	92	121	32	,46	338
83	1	143	221	51	-1,06	548
90	2	173	264	68	,16	718
98	1	247	313	81	-9	869
100	1	140	177	29	-5,03	312
105	2	28	126	4	,21	38
110	1	75	108	10	-1,99	107
112	2	44	110	4	-1,89	39
113	1	315	365	87	-2,94	931
116	2	196	257	51	-4,75	478
127	1	321	347	35	-1,69	377
133	1	174	221	43	-19,99	235
137	2	74	105	18	,54	193
140	2	129	271	60	3,75	640
148	2	57	244	-12	-,71	-125
149	1	56	130	30	-,82	325
153	1	62	71	38	,44	411
155	2	45	81	11	,46	120
156	2	66	116	13	-2,44	134
160	2	76	136	13	-1,91	132
162	1	38	96	19	,35	215
171	1	79	140	26	,90	290
173	2	69	140	38	-,70	397

ID	Dauer- kontraktions- vermögen	Rel. DKD	Max. DKD	Mtl. DKD	Ermüdungs- neigung	FUK
175	1	46	90	13	-,79	136
177	2	135	176	55	-8,49	593
188	2	68	128	46	-2,43	221
199	2	43	76	-3	-5,20	-26
200	1	118	172	50	-1,75	535
206	1	148	251	56	-14,18	599
209	2	201	264	63	-1,21	679
210	1	82	130	36	2,63	388
219	2	77	135	38	-,25	459
223	1	122	146	1	-1,72	12
228	1	138	226	20	-5,41	213
306	1	174	204	57	,24	609
	1 gut 2 mäßig					

### Pressen

ID	Min.PD	RD vor Pressen	Pressen - Relaxation	Paradoxe Kontraktionen
3	22	22	0	0
6	4	54	92	0
7	38	68	36	1
8	61	85	28	1
9	9	10	15	0
11	24	24	3	-
21	29	47	37	0
24	79	84	5	1
29	8	43	82	1
32	25	39	37	1
34	46	54	16	0
40	21	46	55	0
51	18	25	22	1
62	12	62	81	0
68	32	76	58	0
83	54	62	12	1
90	74	74	0	0
97	97	116	17	0
98	32	94	68	0
100	13	69	82	0
105	21	90	76	0
110	28	29	4	0
112	35	55	36	0
113	40	46	13	0

ID	Min.PD	RD vor Pressen	Pressen - Relaxation	Paradoxe Kontraktionen
116	40	40	0	0
127	16	44	63	0
133	52	65	18	0
137	29	35	19	1
140	50	79	36	0
148	93	108	13	1
149	9	32	69	1
153	36	47	17	1
155	22	31	21	1
156	32	46	31	1
159	10	51	82	1
160	24	37	36	1
162	3	81	94	1
171	70	75	6	1
173	62	81	23	0
175	21	39	47	1
177	51	96	46	1
188	51	56	25	0
199	9	16	46	1
200	4	32	88	0
206	9	67	86	1
209	37	71	47	1
210	45	45	0	1
219	18	26	31	2
223	-7	19	87	0
225	38	57	32	1
228	6	75	87	0
304	31	82	63	2
306	10	44	74	0
				0 nicht vorhanden 1 vorhanden

### Analprofil

ID	Asymmetrie	Max AD	Mtl. AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ
3	45,8	45,0	26,0	37,6	17,6	47
6	30,1	119,0	54,0	45,8	16,9	37
8	29,0	116,0	59,0	27,2	10,1	37
21	30,5	120,0	64,3	39,5	16,7	42
24	34,7	79,0	36,0	43,5	21,2	49
29	24,4	97,0	57,0	42,0	16,4	39
32	36,3	81,0	48,0	21,0	7,9	38
40	31,0	146,0	72,0	50,7	19,5	38

ID	Asymmetrie	Max AD	Mtl. AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ
43	32,0	54,0	26,0	27,1	6,2	23
68	28,3	107,5	47,0	66,5	21,1	32
83	23,5	121,0	52,0	67,2	19,2	29
88	35,2	108,0	54,0	49,5	15,2	31
90	26,0	113,0	60,0	67,4	27,7	41
97	24,2	112,0	65,0	36,0	18,0	50
98	33,8	108,0	50,0	41,4	18,6	45
100	29,1	148,0	79,0	21,6	6,1	28
110	42,6	58,0	32,0	9,6	2,7	28
112	43,8	53,0	21,0	61,5	22,1	36
127	28,1	77,0	64,0	17,3	11,2	65
133	18,7	115,0	74,0	28,8	14,5	50
140	32,3	157,0	85,0	23,5	10,1	43
148	30,4	256,0	94,7	32,6	8,9	27
149	26,1	197,0	87,0	38,7	13,0	34
154	48,4	63,0	27,0	27,9	13,8	49
156	63,1	63,0	25,0	49,0	17,5	36
171	37,3	89,0	44,0	33,1	10,8	33
177	29,7	117,0	49,0	27,5	10,5	38
199	75,4	63,0	21,0	32,1	13,1	41
200	32,8	98,0	49,0	24,3	9,7	40
206	25,1	122,0	68,0	48,0	17,2	36
219	120,4	86,0	15,0	55,8	24,7	44
223	45,8	54,0	25,0	42,3	10,1	24
228	31,3	125,0	57,0	42,8	14,8	35
304	30,2	120,0	60,0	47,1	22,2	47

*RAIR*

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %
3	0	29	0	0
6	0	52	0	1
7	0	26	0	0
8	0	24	0	0
9	1	88	1	1
21	0	72	1	1
24	1	73	1	1
29	1	64	1	1
32	1	54	1	1
34	1	66	1	1
40	0	68	1	1
51	0	33	0	0

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %
62	1	42	0	0
68	0	68	1	1
83	1	55	0	1
88	1	78	1	1
90	1	41	0	0
97	1	61	1	1
98	0	93	1	1
100	1	60	1	1
105	1	53	0	1
110	1	51	0	1
112	0	52	0	1
113	1	23	0	0
116	1	81	1	1
133	1	100	1	1
137	0	30	0	0
140	1	68	1	1
148	1	48	0	1
149	1	61	1	1
153	1	34	0	0
154	0	38	0	0
155	1	33	0	0
156	1	80	1	1
159	0	17	0	0
160	2	53	0	1
162	0	55	0	1
171	0	25	0	0
173	0	34	0	0
175	0	40	0	0
177	1	50	0	1
183	2	44	0	0
188	1	64	1	1
192	0	76	1	1
199	1	62	1	1
200	0	95	1	1
206	0	100	1	1
209	1	54	0	1
210	1	81	1	1
219	1	100	1	1
223	0	24	0	0
225	1	72	1	1
228	1	49	0	1
	0 visuell nicht vorhanden 1 visuell vorhanden		0 nicht erreicht 1 60 % erreicht	0 nicht erreicht 1 46 % erreicht



## 9.6.5 Morbus Hirschsprung

*Kollektiv*

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe	Auswertungszeitraum
7	1	9	110	4	2
8	0	11	142	5	1
26	1	2	34	2	1
31	1	1	20	2	2
38	1	2	35	2	1
39	1	3	36	3	2
42	1	5	70	3	1
43	1	5	66	3	1
45	1	1	22	2	1
75	1	2	28	2	2
98	1	9	109	4	2
169	1	0	6	1	2
225	1	5	66	3	2
310	1	0	8	2	2
	0 weiblich 1 männlich			1) 0 - 6 Monate 2) 7 Monate - 2 Jahre 3) 3 Jahre - 5 Jahre 4) 6 Jahre - 9 Jahre 5) > 10 Jahre	1) 2011-2013 2) 2013-2015

*Ruhe- / Kneifdruck*

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
7	82	211	115
8	90	110	53
26	63	-	-
31	91	-	-
38	64	-	-
39	63	-	-
42	69	-	-
43	38	63	33
45	92	-	-
75	41	-	-
98	60	299	215
169	82	-	-
225	52	121	59
310	94	-	-

*Dauerkneifen*

ID	Dauer- kontraktions- vermögen	Rel. DKD	Max. DKD	Mtl. DKD	Ermüdungs- neigung	FUK
7	1	108	188	7	-4,40	66,00
8	2	21	119	-17	-2,74	-184,00
98	1	247	313	81	-9,00	869,00
225	1	115	151	49	-2,44	524,00
	1 gut 2 mäßig					

*Pressen*

ID	Min.PD	RD vor Pressen	Pressen - Relaxation	Paradoxe Kontraktionen
7	38	68	36	1
8	61	85	28	1
43	26	33	20	1
98	32	94	68	0
169	14	95	85	1
225	38	57	32	1
				0 nicht vorhanden 1 vorhanden

*Analprofil*

ID	Asymmetrie	Max AD	Mtl. AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ
8	29,0	116	59	27,2	10,1	37
26	25,2	87	55	33,2	20,7	62
43	32,0	54	26	27,1	6,2	23
45	31,2	182	99	45,2	16,8	37
98	33,8	108	50	41,4	18,6	45
225	37,9	103	39	34,8	13,9	40

*RAIR*

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %	Falsch positiv
7	0	26	0	0	0
8	0	24	0	0	0
26	0	50	0	1	0
31	0	51	0	1	0
38	1	69	1	1	1
39	1	46	0	1	1
42	0	56	0	1	0

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %	Falsch positiv
43	0	63	1	1	0
45	0	48	0	1	0
75	0	90	1	1	0
98	0	93	1	1	0
169	0	29	0	0	0
225	1	72	1	1	1
310	0	73	1	1	0
	0 visuell nicht vorhanden 1 visuell vorhanden		0 nicht erreicht 1 60 % erreicht	0 nicht erreicht 1 46 % erreicht	0 korrekt 1 falsch positiv

## 9.6.6 Anorektale Malformationen

*Kollektiv*

ID	Geschlecht	Alter bei Erstuntersuchung (Jahre)	Alter bei Erstuntersuchung (Monate)	Altersgruppe	Auswertungszeitraum
1	1	0	9	2	1
3	1	13	158	5	1
11	1	1	20	2	1
44	1	0	5	1	1
49	0	0	10	2	1
51	0	8	107	4	1
66	0	0	5	1	1
110	1	5	65	3	1
127	1	6	73	4	1
137	1	10	129	5	1
139	1	0	9	2	1
142	1	3	37	3	1
154	0	5	63	3	2
168	1	1	13	2	2
178	1	1	23	2	2
183	1	4	77	3	2
185	1	1	12	2	2
186	0	11	138	5	2
190	1	2	32	2	2
197	0	0	10	2	2
208	0	0	5	1	2
213	1	2	24	2	2
214	1	8	104	4	2
221	0	0	9	2	2
222	1	3	39	3	2
223	0	15	180	5	2
304	1	7	90	4	2
	0 weiblich 1 männlich			1) 0 - 6 Monate 2) 7 Monate - 2 Jahre 3) 3 Jahre - 5 Jahre 4) 6 Jahre - 9 Jahre 5) > 10 Jahre	1) 2011-2013 2) 2013-2015

*Ruhe- / Kneifdruck*

ID	mRD	Mtl.max.KD	Mtl.rel.KD
1	26	-	-
3	22	100	81
11	49	-	-
44	51	-	-
49	24	-	-
51	24	110	92
66	39	-	-
110	21	71	54
127	49	-	-
137	28	46	15
139	49	32	14
142	35	51	11
154	24	-	-
168	32	-	-
178	12	-	-
183	22	-	-
185	17	-	-
186	18	56	38
190	58	-	-
197	17	-	-
208	57	-	-
213	39	-	-
214	20	78	48
221	24	-	-
222	45	-	-
223	20	36	23
304	84	-	-

*Dauerkneifen*

ID	Dauer- kontraktions- vermögen	Rel. DKD	Max. DKD	Mtl. DKD	Ermüdungs- neigung	FUK
3	1	207	240	33	-4,23	351
51	2	185	201	66	-2,48	711
110	1	75	108	10	-1,99	107
127	1	321	347	35	-1,69	377
137	2	74	105	18	,54	193
142	3	25	54	-1	-1,01	-17
186	2	60	85	13	,31	138
214	2	95	109	25	,15	266

ID	Dauer- kontraktions- vermögen	Rel. DKD	Max. DKD	Mtl. DKD	Ermüdungs- neigung	FUK
223	1	122	146	1	-1,72	12
	1 gut 2 mäßig					

### Pressen

ID	Min.PD	RD vor Pressen	Pressen - Relaxation	Paradoxe Kontraktionen
3	22	22	0	0
11	24	24	3	2
51	18	25	22	1
110	28	29	4	0
127	16	44	63	0
137	29	35	19	1
139	15	20	30	0
142	19	26	34	2
186	-1	10	34	0
214	-4	32	97	0
223	-7	19	87	0
304	31	82	63	2
				0 nicht vorhanden 1 vorhanden 2 nicht beurteilt

### Analprofil

ID	Asymmetrie	Max AD	Mtl. AD	ACL	HDZ	Anteil HDZ
1	27,1	61	36	27,8	10,0	36
3	45,8	45	26	37,6	17,6	47
49	37,3	62	30	23,9	10,0	42
66	51,6	49	26	24,3	8,6	35
110	42,6	58	32	9,6	2,7	28
127	28,1	77	64	17,3	11,2	65
139	31,5	93	41	30,6	6,2	20
142	42,6	43	19	21,9	10,0	46
154	48,4	63	27	27,9	13,8	49
186	48,0	46	15	99,0	54,6	55
208	40,0	91	37	22,0	7,7	35
214	26,2	53	33	26,7	9,1	34
223	45,8	54	25	42,3	10,1	24
304	30,2	120	60	47,1	22,2	47

*RAIR*

ID	RAIR	RAIR Relaxation	Relaxation 60 %	Relaxation 46 %	Falsch positiv
1	0	84	1	1	1
3	0	29	0	0	3
11	0	16	0	0	11
44	1	75	1	1	44
49	1	72	1	1	49
51	0	33	0	0	51
66	1	62	1	1	66
110	1	51	0	1	110
127	-	-	-	-	127
137	0	30	0	0	137
139	1	47	0	1	139
142	1	91	1	1	142
154	0	38	0	0	154
168	1	47	0	1	168
178	-	-	-	-	178
183	2	44	0	0	183
185	-	-	-	-	185
186	1	73	1	1	186
190	1	62	1	1	190
197	-	-	-	-	197
208	2	65	1	1	208
213	0	27	0	0	213
214	1	74	1	1	214
221	0	41	0	0	221
222	1	46	0	1	222
223	0	24	0	0	223
304	1	54	0	1	304
	0 visuell nicht vorhanden 1 visuell vorhanden		0 nicht erreicht 1 60 % erreicht	0 nicht erreicht 1 46 % erreicht	0 korrekt 1 falsch positiv

*Postoperative Stuhlentleerungsstörungen*

ID	Obstipation im Verlauf	Inkontinenz im Verlauf	Stuhlentleerungsstörung
1	0	0	0
3	0	1	1
11	0	1	1
44	0	0	0
49	0	0	0
51	1	1	1
66	1	0	1
110	0	1	1
127	0	1	1
137	1	1	1
139	1	1	1
142	0	0	0
154	1	1	1
168	1	0	1
178	1	0	1
183	1	1	1
185	0	0	0
186	1	0	1
190	0	0	0
197	0	0	0
208	1	0	1
213	1	0	1
214	1	1	1
221	0	0	0
222	1	1	1
223	0	1	1
304	0	1	1
	0 nicht vorhanden 1 Obstipation	0 nicht vorhanden 1 Inkontinenz	0 nicht vorhanden 1 Obstipation und/oder Inkontinenz



## 10. Erklärung zum Promotionsverfahren

nach § 3 Abs. 3 und 4 der Promotionsordnung  
der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Ich erkläre,

- dass ich den Doktorgrad der Medizin nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland erworben habe
- dass ich nicht an anderer Stelle zu einem Promotionsverfahren zum Erwerb des medizinischen Doktorgrades zugelassen bin
- dass ich die medizinische Doktorprüfung nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland endgültig nicht bestanden habe

Außerdem erkläre ich,

- dass mir keine Tatsachen bekannt sind, die mich zur Führung eines akademischen Grades im Sinne des Gesetzes über die Führung akademischer Grade unwürdig erscheinen lassen
- dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

( Ort, Datum )

( Unterschrift )

---

## 11. Danksagung

Zuerst möchte ich Herrn Dr. Bertram Reingruber für die Bereitstellung des Themas der vorliegenden Dissertation, seine wertvolle Unterstützung und die engagierte Begleitung während der gesamten Studiendauer einen herzlichen Dank aussprechen.

Der Klinik St. Hedwig danke ich für die Bereitstellung des Untersuchungsfeldes. Ein herzliches Dankeschön geht auch an alle Mitarbeitern der kinderchirurgischen und pädiatrischen Abteilung für ihre freundliche Kooperation im Rahmen dieser Studie.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Constanze Kiese, die von Beginn an die Versuchsplanung und Auswertung begleitete, mich in das Untersuchungsverfahren einarbeitete und bis zum Ende mit vielen motivierenden Worten, konstruktiver Kritik und wertvollen Anregungen maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Des Weiteren danke ich allen Kindern und Jugendlichen, die sich freiwillig zur Teilnahme an der Normwertstudie bereit erklärten. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Ganz herzlich möchte ich mich ebenfalls bei meiner Familie und Freunden für die Geduld und die unterstützende Motivation während des Entstehungsprozess dieser Arbeit bedanken.

Frau Susanne Pongratz danke ich für die Bereitstellung der erhobenen Daten und die sehr gute Zusammenarbeit.

Vielen Dank!

